

**Eidgenössisches Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement
Bundesamt für Strassenbau**

**Département fédéral des transports, des communications et de l'énergie
Office fédéral des routes**

**Dipartimento federale dei trasporti, delle comunicazioni e delle energie
Ufficio federale delle strade**

Caractérisation mécanique des bétons bitumineux suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale – Valeurs limites

**Mechanische Charakterisierung des schweizerischen Mischgutes
durch Spaltzugversuch – Grenzwerte**

**Laboratoire des voies de circulation (LAVOC)
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Prof. A.-G. Dumont, directeur**

**Mme M. Huet, ing., adjoint scientifique
C. Rohr, ing. dipl. ETS**

**Mandat de recherche 12/86 sur proposition
de l'Union des professionnels suisses de la route**

Janvier 1993

Caractérisation mécanique des bétons bitumineux suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale - Valeurs limites

Mechanische Charakterisierung des schweizerischen Mischgutes durch Spaltzugversuch - Grenzwerte

**Laboratoire des voies de circulation (LAVOC)
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
Prof. A.-G. Dumont, directeur**

**Mme M. Huet, ing., adjoint scientifique
C. Rohr, ing. dipl. ETS**

**Mandat de recherche 12/86 sur proposition de l'Union des professionnels suisses de la route
Janvier 1993**

CARACTERISATION MECANIQUE DES BETONS BITUMINEUX SUISSES AU MOYEN DE L'ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE - VALEURS LIMITES

Mechanische Charakterisierung des schweizerischen Mischgutes durch Spaltzugversuch - Grenzwerte

**Laboratoire des voies de circulation (LAVOC)
de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne**

Responsable: Prof. A.-G. Dumont, directeur

**Auteurs: Mme M. Huet, ingénieur, adjoint scientifique
C. Rohr, ingénieur ETS**

**Etude réalisée par: M.L. Pigois, ingénieur EPF, adjoint scientifique
A. També, ingénieur EPF, assistant**

REMERCIEMENTS

Ce document a été établi grâce à la collaboration efficace des centrales citées ci-dessous qui ont bien voulu fournir des matériaux représentatifs de leur installation, ainsi que les informations de composition les concernant. Cela nous a permis de dresser un état des formulations relatives aux bétons bitumineux normalisés en Suisse.

- ABZ, Arbeitsgemeinschaft für Belagsmischgut, 6311 Edlibach
- APEC/SOPEC, 1700 Fribourg
- ARGE, Belags Aufbereitung, 5300 Sigg
- ARGOBIT AG, Belagslieferwerk, 5000 Aarau
- BAB, Belags AG, 8903 Birmensdorf
- BBR, Beton und Belag AG, 6023 Rothenburg
- BELAG AG Volketswil, 8050 Zürich
- BELAGSWERK Rinau AG, 4303 Kaiseraugst
- BERAG, Belagslieferwerk AG, 3113 Rubigen
- BITURIT AG, 5243 Mülligen
- BLB, Belagslieferwerk AG, 4618 Boningen
- CATRAM AG, 7000 Chur
- COMIBIT Sigirino, 6906 Lugano
- FABOMIT S.A., 1030 Bussigny
- FBB Hinwil AG, 8494 Bauma
- MOAG, Mischgutwerke Ost AG, 9008 St.Gallen
- MOBIVAL, 1891 Massongex
- PREBIT, 2074 Marin
- SAPA S.A., 1227 Carouge
- STUAG, Aufbereitungsanlage, 4127 Birsfelden
- TOBEGA AG, 8404 Winterthur
- TURBAG AG, 8575 Bürglen
- URPHALT, Gemeinschaftsunternehmung
- WEIACHER Belag AG, 8433 Weiach
- WIBAG, Schwarzelags AG, 8355 Aadorf

Que les directions de ces centrales veuillent bien accepter tous nos remerciements.

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

TABLE DES MATIERES

RESUME	iii
I. INTRODUCTION	1
I.1. Le mandat	1
I.2. Le programme d'essais	2
II. RESULTATS DES ESSAIS	3
II.1.AB 6	3
II.2.AB 10	8
II.3.AB 16	13
II.4.AB 16s	18
II.5.HMT 25	23
II.6.HMT 32	27
III. SYNTHESE	32
IV. CONCLUSIONS	47
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	49
ANNEXES	50
I PRINCIPE DU COMPACTEUR DE PLAQUES	
MODE OPERATOIRE DE L'ESSAI	51
II RESULTATS AB 6	56
III RESULTATS AB 10	61
IV RESULTATS AB 16	66
V RESULTATS AB 16s	71
VI RESULTATS HMT 25	76
VII RESULTATS HMT 32	81
VIII PHOTOS	86
IX DROITES DE REGRESSION SUR L'ENSEMBLE DES POPULATIONS	88

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

RESUME

Les six types d'enrobés définis par la norme SNV 640 431 et destinés aux tapis et couches de support en enrobés à chaud sont actuellement caractérisés du point de vue mécanique par l'essai Marshall. Cela est sans doute très insuffisant du fait de la difficulté d'interprétation de l'essai lui-même. Ainsi le LAVOC a-t-il entrepris l'étude présentée, afin d'améliorer cet état de fait au moyen de l'essai de compression diamétrale.

Dans ce but, vingt et une centrales représentatives de l'ensemble de la production suisse ont fourni au LAVOC des enrobés correspondant aux différents types de bétons bitumineux normalisés.

Ces enrobés ont fait l'objet d'une identification complète et ont été soumis à l'essai Marshall, afin de tester leur conformité. Ensuite, à partir de ces lots, il a été confectionné deux séries d'éprouvettes cylindriques destinées à l'essai de compression diamétrale à - 10, 25 et 45 °C. La première, conforme au mode opératoire, est issue de plaques fabriquées au compacteur de plaques, la seconde correspond à des éprouvettes type Marshall dans le but de dégager une éventuelle corrélation.

ZUSAMMENFASSUNG

Die sechs für Beläge (Deckschicht und Heissmischtragschicht) vorgesehenen und in der Norm 640 431 definierten Mischgutttypen - vom mechanischen Gesichtspunkt her gesehen - gegenwärtig durch den Marshall-Test charakterisiert. Unter Berücksichtigung der Schwierigkeit in der Interpretation des Versuches selber kann dies ohne Zweifel nicht genügen. Um mit Hilfe des Spaltzugversuches diese Sachlage zu verbessern, hat das LAVOC daher die vorliegende Studie durchgeführt.

Zu diesem Zweck haben aus der Gesamtheit der schweizerischen Produktion 21 repräsentative Aufbereitungsanlagen dem LAVOC Mischgutt - entsprechend den normierten Sorten - geliefert.

Die gelieferten Materialien wurden zwecks Ueberprüfung der Identifikation und Normenkonformität einer eingehenden Untersuchung inklusive Marshall-Versuch unterworfen. Ausgehend von diesen Materialien wurden anschliessend zwei Serien zylindrischer Versuchskörper angefertigt, welche für den Spaltzugversuch bei 10, 25 und 45 Grad Celsius bestimmt waren. In Uebereinstimmung mit dem üblichen Anwendungsverfahren stammte die erste Serie von Platte, die mit dem Plattenverdichtungsgerät hergestellt worden waren. Mit dem Ziel eine mögliche Korrelation herauszubekommen stimmte die zweite Serie mit Versuchskörpern vom Typ Marshall überein.

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

L'ensemble de l'expérimentation a été conçu comme un contrôle de fabrication. Pour chaque type d'enrobé, le rapport présente la situation de cette production par rapport à la norme en vigueur et les résultats comparés de compression diamétrale avec les deux types d'éprouvettes.

Compte tenu des résultats obtenus, il est proposé des valeurs limites en contrainte et en déformation à - 10 et 45 °C. Ces limites font l'objet d'une présentation graphique.

En conclusion, l'attention est attirée sur le fait que ces valeurs ne peuvent être utilisées valablement que pour les types d'enrobés étudiés, avec des modalités d'essai bien définies.

Das gesamte Experiment wurde dabei wie eine Fabrikationskontrolle angelegt. Für jeden Mischgutttyp zeigt der Bericht den Zustand dieser Produktion nach dem Protokoll der gültigen Norm und die Vergleichsergebnisse des Spaltzugversuches mit den zwei Typen Versuchskörper.

In Anbetracht der erzielten Resultate werden Grenzwerte bezüglich Spannung und Verformung bei 10 °C und bei 45 °C vorgeschlagen. Diese Grenzen sind Gegenstand einer graphischen Darstellung.

Zum Abschluss wird auf die Tatsache hingewiesen, dass diese Werte nur für die untersuchten Mischgutttypen und unter Beachtung genau definierter Versuchsbedingungen angewendet werden können.

I. INTRODUCTION

I.1. Le mandat

L'essai de compression diamétrale récemment introduit en Suisse dans la méthodologie d'études des enrobés (Réf. 1) n'est pas encore normalisé et les résultats obtenus ne font l'objet d'aucune spécification nationale. C'est pourquoi un mandat a été proposé à l'Office Fédéral des Routes afin de définir les seuils d'acceptation qu'il serait souhaitable d'adopter pour caractériser les différents types de matériaux enrobés.

En effet, la norme SNV 640 431 qui définit les matériaux hydrocarbonés destinés aux tapis et couches de support en enrobés à chaud (Réf. 2) s'appuie uniquement sur l'essai Marshall pour la caractérisation mécanique. Cela est sans doute très insuffisant. Outre la difficulté d'interprétation de l'essai lui-même liée à la diversité des contraintes développées au sein du matériau, au moment de l'écrasement, il ne permet de tester l'enrobé que dans le domaine des fortes températures (60 °C), donc essentiellement dans celui des déformations permanentes, et cela uniquement sur des éprouvettes confectionnées en laboratoire.

L'essai de compression diamétrale, d'exécution et d'interprétation simples, permet d'absorber la résistance à la traction du matériau en mesurant la contrainte à la rupture par fendage et la déformation, à trois températures : - 10, 25 et 45 °C, qui couvrent le domaine des températures de service. De plus, il est applicable à des carottes prélevées in situ et permet ainsi de tester directement la qualité du matériau. C'est pourquoi cet essai a suscité un vif intérêt dans plusieurs pays européens, notamment en Belgique où le Centre de Recherches Routières a d'ores et déjà défini des valeurs caractéristiques (Réf. 4).

En Suisse, suite au mandat OFR 27/81 pour lequel une étude portant sur l'incidence des différents paramètres de l'essai a permis la mise au point d'un mode opératoire (Réf. 1), il est apparu nécessaire de caractériser l'ensemble des différents types d'enrobés utilisés afin de dégager pour chacun d'entre eux des valeurs caractéristiques qui pourraient faire l'objet d'une normalisation. C'est dans cet objectif qu'a été entrepris le présent mandat de recherche OFR 12/86, intitulé "Valeurs limites de l'essai de compression diamétrale"

Le Laboratoire des voies de circulation a ainsi été chargé de définir ces limites à la contrainte et à la déformation pour les six types de bétons bitumineux normalisés au moment de l'ouverture du mandat, selon la norme SN 640 431 maintenant abrogée et remplacée par la norme SN 640 431a (Réf. 3), à savoir :

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

- pour les couches d'usure :
AB 6 - AB 10 - AB 16 - AB 16s
- pour les couches de support :
HMT 25 - HMT 32

Pour cela, 25 centrales de fabrication représentant l'ensemble de la fabrication suisse ont été contactées pour la fourniture de matériaux enrobés caractéristiques de leur production.

Il faut noter que certains services cantonaux utilisent déjà cet essai, non seulement à l'étude de formulation, mais encore pour les prescriptions concernant le matériau mis en oeuvre, plus particulièrement lorsqu'ils font appel à des liants modifiés.

I.2. Le programme d'essais

Les 25 centrales contactées sont représentées dans ce rapport par une lettre de l'alphabet allant de A à Z, à l'exception de V.

En fonction de leur production, elles ont fourni tout ou partie des différents types d'enrobés étudiés. Les matériaux ont été acheminés au LAVOC où ils ont fait l'objet d'une identification portant sur :

- la masse volumique réelle
- le pourcentage de liant
- le pourcentage de sable (< 3.15 mm)
- le pourcentage de gravillons (≥ 3.15 mm)

Il a été ensuite fabriqué des éprouvettes destinées aux essais de compression diamétrale, après réchauffage des matériaux au four à micro-ondes à 160°C . Deux modes de compactage ont été utilisés, soit :

- avec le compacteur de plaques selon le principe figurant à l'annexe I, les éprouvettes sont alors obtenues par carottage,
- selon la méthode Marshall.

Sur les corps d'épreuve ainsi obtenus, l'essai de compression diamétrale a été appliqué conformément au principe figurant dans l'annexe I, à trois températures, soit - 10°C , 25°C et 45°C . Par ailleurs, un essai Marshall complet a été effectué pour tester la conformité à la norme en vigueur.

Le rapport présentera successivement :

Les résultats obtenus pour les enrobés destinés :

- aux couches d'usure :
 - AB 6
 - AB 10
 - AB 16
 - AB 16s
- aux couches de support :
 - HMT 25
 - HMT 32

Ces résultats feront l'objet d'une comparaison et d'une synthèse, avec une proposition de valeurs limites.

II. RESULTATS DES ESSAIS

Pour l'ensemble des produits examinés, il avait été demandé un certain nombre d'informations concernant d'une part la composition théorique et d'autre part la catégorie de bitume utilisée. Nous ne disposons que de réponses partielles que nous tenterons de synthétiser pour chaque type d'enrobé, comparativement aux résultats obtenus en laboratoire par l'analyse des échantillons.

L'étude a été effectuée comme un contrôle de fabrication d'enrobés. Pour chaque produit, nous présenterons un histogramme de répartition des centrales pour les valeurs obtenues à la contrainte, à la déformation, pour l'essai de compression diamétrale et pour les différentes caractéristiques normalisées de l'essai Marshall.

Lors de cette étude, aucun paramètre de formulation n'a été bloqué. Il s'agit d'une analyse globale. Nous essayerons cependant de dégager l'incidence des paramètres les plus significatifs, la teneur en vides à - 10 °C et la teneur en liant à + 45 °C, en présentant les droites de régression, pour l'ensemble des formules étudiées.

II.1. AB 6

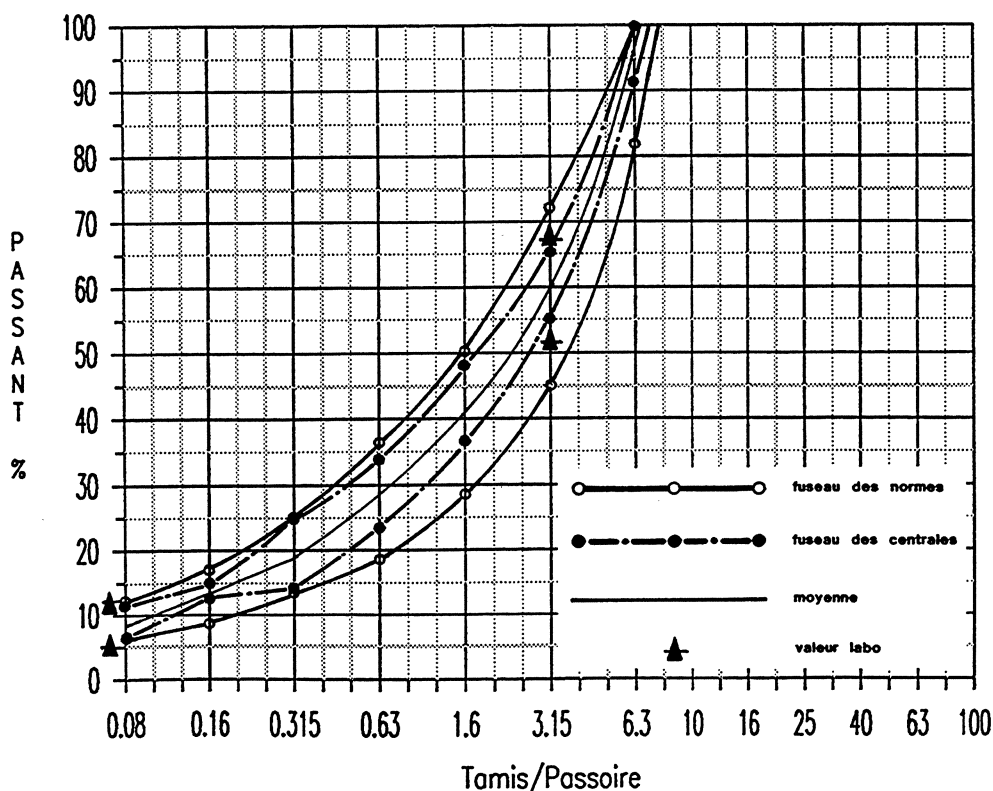
Conformité à la norme SNV 640 431

Les compositions théoriques qui nous ont été communiquées concernent 12 centrales sur les 21 ayant fourni de l'enrobé AB 6. La courbe granulométrique est toujours conforme à la norme (graphique 1) : le fuseau de l'ensemble des douze compositions est situé

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

dans le fuseau normalisé; la moyenne est légèrement décentrée vers le haut donc vers une zone plus sableuse. Les analyses de laboratoire (tableau 1, Annexe II) recoupent bien cette constatation. Il faut cependant remarquer que la plage des teneurs en fines recouvre toute la plage de tolérance : 6 à 12 %. Le liant le plus généralement utilisé est le B 80/100. L'étendue des teneurs est relativement large : 6.5 à 7.75 % par rapport au granulat pour les valeurs théoriques. On a donc une population qui, bien que conforme à la norme, est relativement hétérogène.

AB 6



Graphique 1

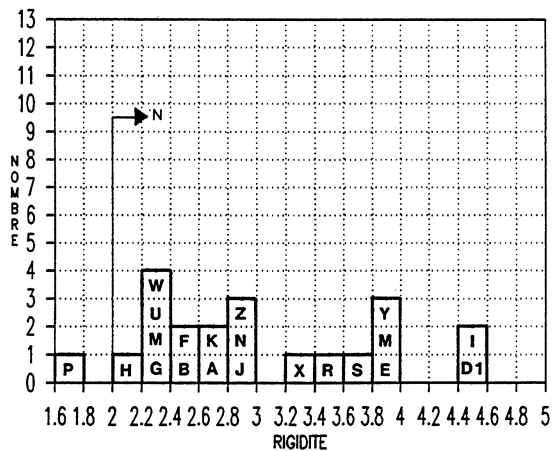
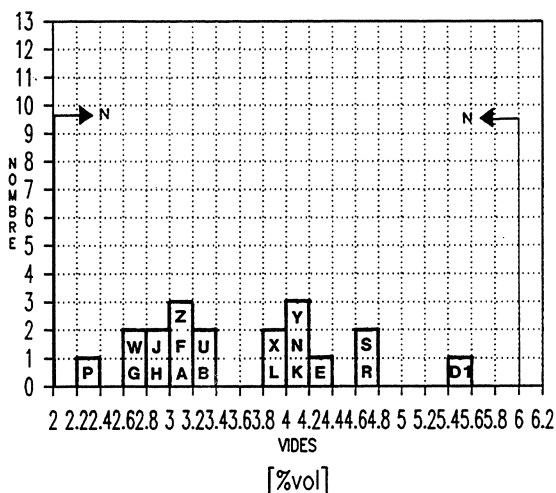
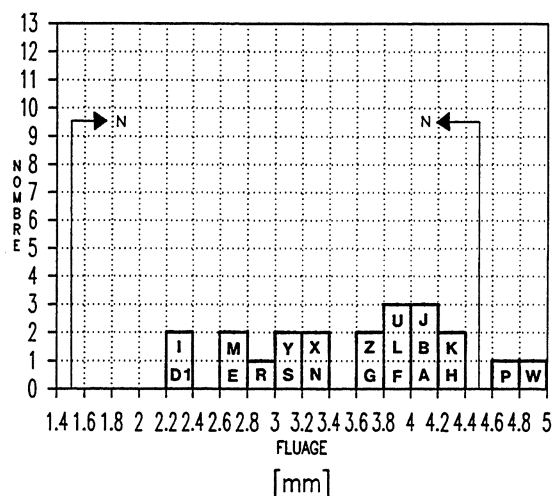
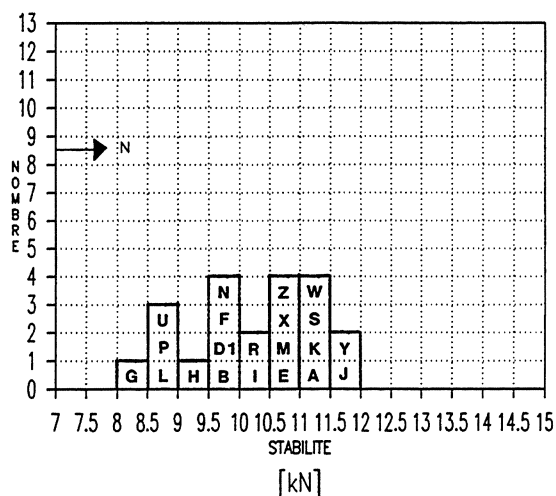
Essai Marshall (Annexe II : tableau 2)

Les valeurs obtenues pour l'essai sont consignées dans le tableau 2 (Annexe II). Les histogrammes de répartition des centrales pour les valeurs de stabilité (SM), de fluage (FM), de rigidité exprimée par le rapport SM/FM et de teneur en vides sont portés sur le graphique 2. Toutes les stabilités sont conformes (supérieures à 6 KN). La population est bien groupée entre 8 et 12 KN. Pour ce qui concerne la déformation, la dispersion est plus élevée. Deux centrales sont hors norme (> 4.5 mm) : elles présentent des compositions à très fortes teneurs en fines (> 11 %) et les deux rapports fines-bitume les plus élevés de la population (1.71 et 1.65). L'une des deux est également hors norme pour le rapport SM/FM. Ces dernières considérations sont à relier avec la

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

plage des teneurs en vides, elle aussi très large et pour laquelle on trouve le même classement qu'en déformation pour les valeurs extrêmes.

Essai Marshall - AB 6



N : valeur normalisée
Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 2

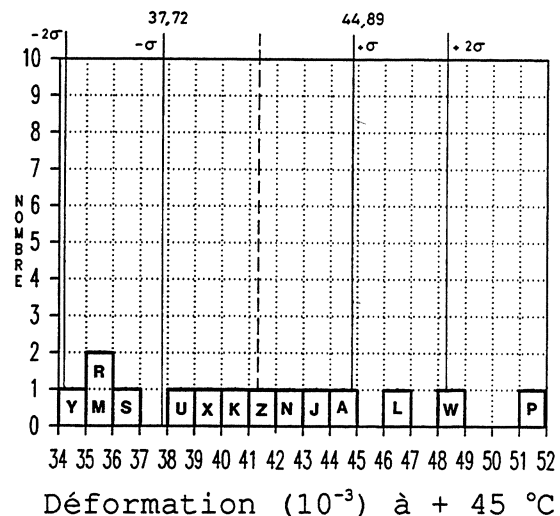
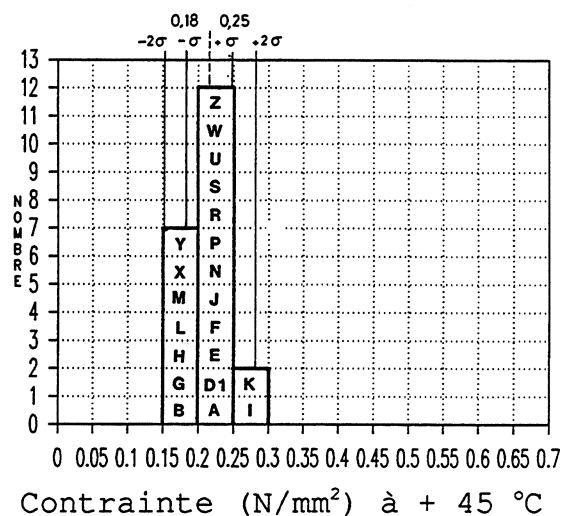
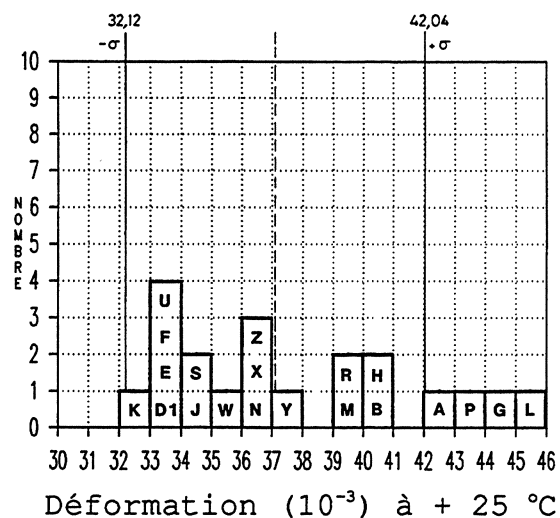
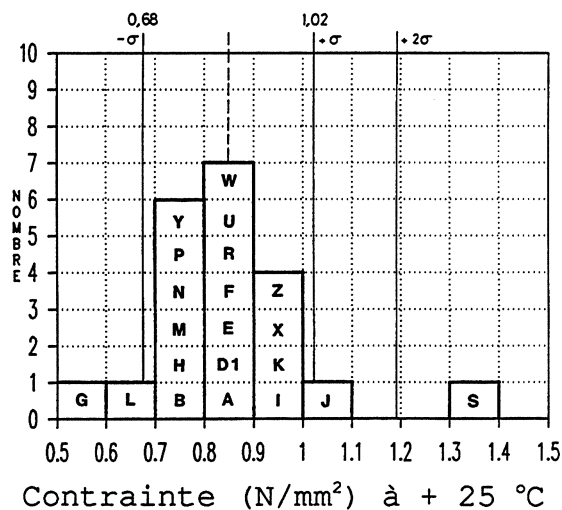
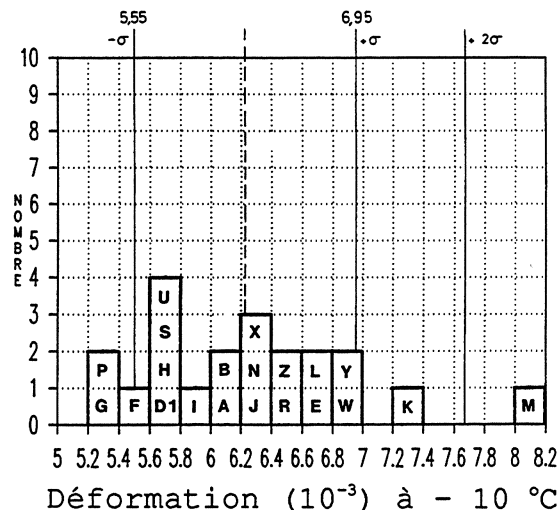
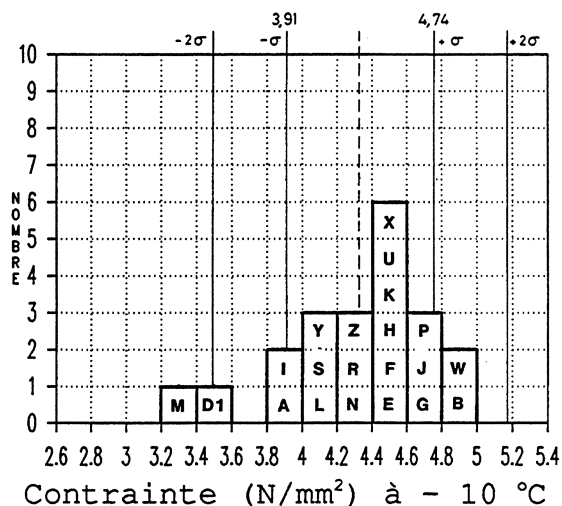
Résultats de compression diamétrale (Annexe II : tableaux 2, 3, 4)

- Eprouvettes issues des plaques

Les histogrammes de répartition des centrales pour l'ensemble des résultats sont présentés sur le graphique 3. Pour la contrainte, on constate que les histogrammes de répartition des centrales sont très serrés quelle que soit la température, notamment à 45 °C. A - 10 °C, 16 centrales sur 21 sont centrées sur la moyenne à plus ou moins un écart-type. Une seule présente une valeur inférieure à

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai de compression diamétrale - AB 6



Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 3

la moyenne moins deux écarts-types. Il faut noter que les trois contraintes les plus faibles correspondent aux trois teneurs en vides les plus fortes. La droite de régression établie entre la contrainte et la teneur en vides met en évidence l'incidence significative de ce facteur (chapitre III). Mais comme il a déjà été dit, la variation simultanée de tous les paramètres de formulation rend très difficile l'interprétation statistique de l'incidence d'un de ces paramètres et occulte en partie son effet.

A 25 °C, la distribution se resserre : 17 centrales sont situées autour de la moyenne à plus ou moins un écart-type. Aucune ne présente de stabilité inférieure à la moyenne moins deux écarts-types.

Pour ce qui concerne la déformation, on constate :

- à - 10 °C que la population des centrales est très groupée; deux d'entre elles conduisent à un matériau présentant une déformabilité supérieure à la moyenne plus un écart-type, à savoir les centrales K et plus particulièrement M qui présente également la contrainte la plus faible à - 10 °C, mais aussi la teneur en vides la plus élevée de la population : 7.75 % pour une moyenne de 4.30 %;
- à 25 °C, quatre centrales (A-P-G-L) conduisent à des valeurs comprises entre la moyenne plus un écart-type et la moyenne plus deux écarts-types;
- à 45 °C, la population est nettement plus étalée, avec deux centrales conduisant à des valeurs égales ou supérieures à la moyenne plus deux écarts-types (W-P).

A + 45 °C, on observe la même tendance; aucune centrale ne présente de valeur de la contrainte, inférieure à la moyenne moins deux écarts-types.

A partir de ces remarques, on peut considérer que la production est correcte dans son ensemble. La formulation normalisée est en conséquence très certainement satisfaisante, une attention particulière devant être portée à la teneur en vides obtenue sur le chantier.

Comparativement à l'essai Marshall, il faut noter que la valeur de contrainte la plus faible à - 10 °C correspond également à une teneur en vides Marshall hors norme, et celles des déformations maximales aux déformations hors norme Marshall.

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

- Eprouvettes type Marshall

Le tableau I donne les coefficients de corrélation r entre les résultats obtenus sur les éprouvettes issues de plaques et les éprouvettes fabriquées conformément à la méthode Marshall :

	Contrainte (σ_t) à			Déformation (ϵ_t) à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.79	0.91	0.56	0.58	0.55	0.76

Tableau I

On constate qu'il n'y a pas de bonne corrélation, à l'exception des résultats en contrainte à 25 °C pour lesquels la corrélation est de 0.91.

Pour les contraintes (σ_t), on remarque que les valeurs obtenues à partir des éprouvettes Marshall sont en moyenne plus élevées, notamment à 25 et 45 °C, pour des teneurs en vides du même ordre, deux facteurs principaux peuvent conduire à ces écarts, à savoir l'élancement (1 pour l'éprouvette conforme au mode opératoire, 0.6 pour l'éprouvette Marshall) et le mode de compactage.

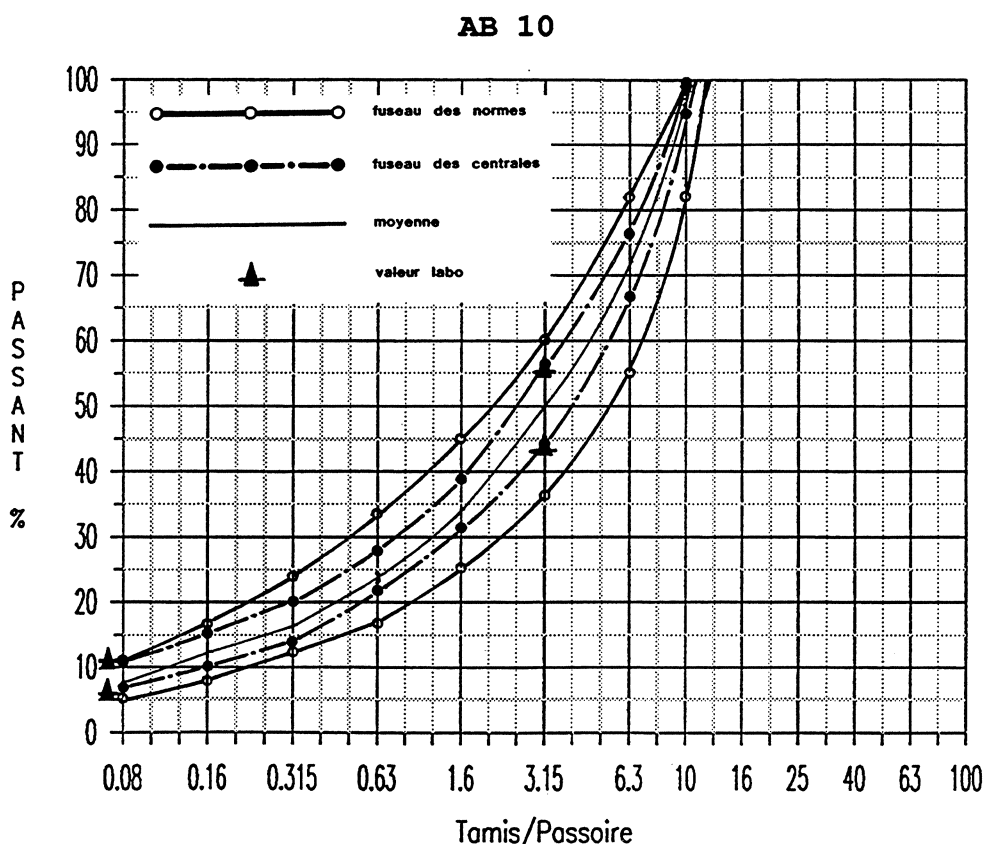
Pour ce qui concerne les déformations (ϵ_t), les valeurs obtenues sur éprouvettes Marshall sont moins élevées à 25 et 45 °C, et du même ordre à - 10 °C, que pour les éprouvettes classiques.

Ces observations conduisent donc à des complaisances (ϵ_t/σ_t) deux fois plus faibles pour les éprouvettes Marshall à 25 et 45 °C donc à des rigidités plus importantes.

II.2. AB 10

Conformité à la norme SNV 640 431

Le fuseau des 10 compositions granulométriques (graphique 4) pour lesquelles nous disposons d'informations est conforme à la norme. Comme pour les AB 6, la courbe moyenne est centrée dans le fuseau normalisé pour les granulats de dimension inférieure ou égale à 3.15 mm et légèrement déportée vers le haut du fuseau pour la partie supérieure à 3.15 mm.



Graphique 4

Les analyses de laboratoire effectuées sur les 22 échantillons reçus (tableau 1 Annexe III) recoupent ces constatations. La plage des teneurs en fines recouvre presque toute la plage normalisée de 6 à 11 %.

Le liant le plus généralement utilisé est le B 80/100. Son dosage est compris entre 6 et 6.7 % par rapport au granulat. On peut donc considérer la population des AB 10 conforme à la norme et relativement homogène.

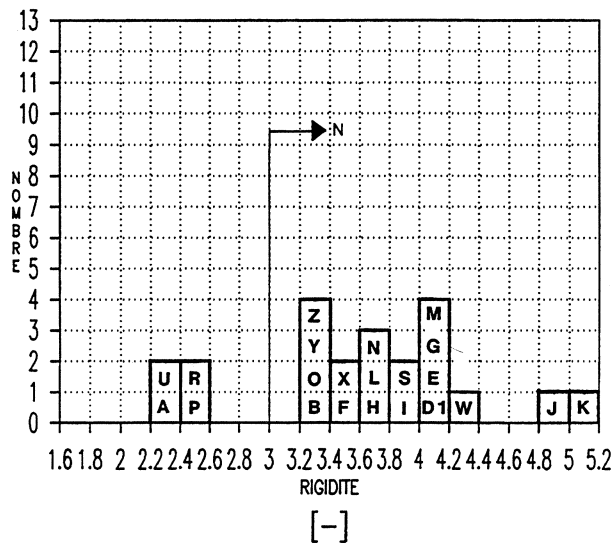
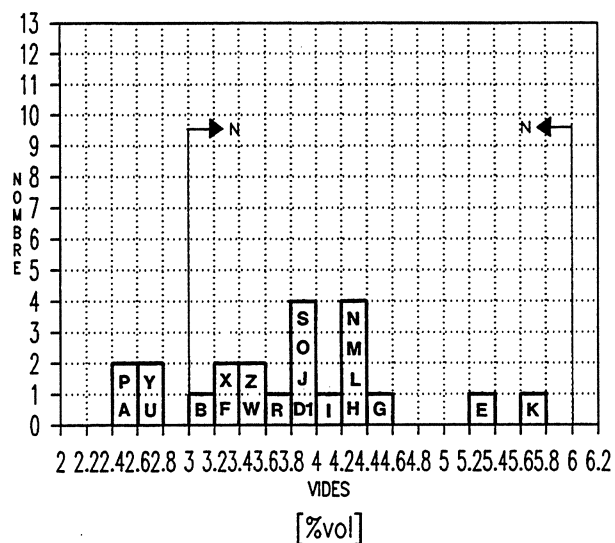
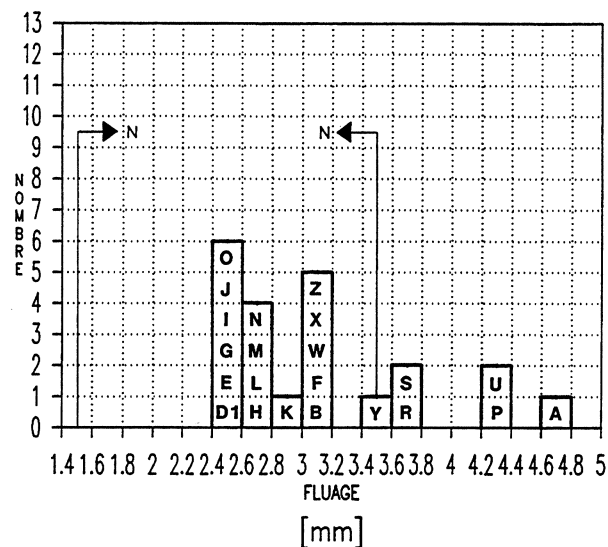
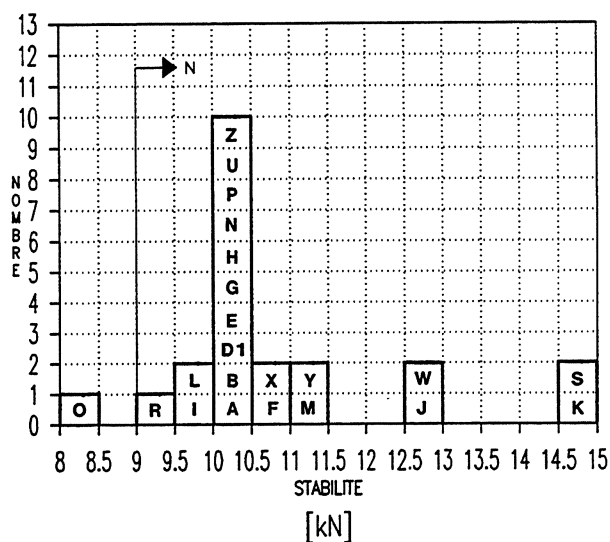
Essai Marshall (Annexe III : tableau 2)

Les valeurs obtenues pour l'essai figurent au tableau 2, Annexe III. Le graphique 5 présente les histogrammes de répartition des 22 centrales testées, pour la stabilité, le fluage, le rapport stabilité/fluage et la teneur en vides. Pour la stabilité, on constate qu'une seule centrale est au-dessous du seuil normalisé pour les forts trafics, soit 9 KN (centrale 0). Cinq centrales présentent des déformations supérieures à 3.5 mm dont trois supérieures à 4 mm (U-P-A). Cette constatation conduit à des rapports stabilité/fluage hors norme (inférieurs à 3 KN/mm). Il faut remarquer que la teneur en vides des trois centrales les plus

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

décentrées est également inférieure à 3 %, centrales qui présentent les teneurs en fines les plus élevées de la population des AB 10 : ≥ 9.3 %.

Essai Marshall - AB 10



N : valeur normalisée
Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 5

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Résultats de compression diamétrale (Annexe III : tableaux 2,3,4)

- Eprouvettes issues de plaques

Pour les contraintes (graphique 6), les histogrammes de répartition sont très serrés. A - 10 °C, les valeurs sont groupées autour de la moyenne à plus ou moins un écart-type pour 16 centrales sur 22. Trois centrales (S-P-U) présentent des valeurs de contrainte supérieures à la moyenne plus deux écarts-types. A cette température, le résultat est très sensible à la teneur en vides et il convient de remarquer que les centrales P et U présentent des teneurs en vides Marshall hors norme.

A 25 °C et à 45 °C, aucune centrale n'est située en dehors de l'intervalle de la moyenne plus ou moins deux écarts-types. Dans les deux cas, deux centrales présentent des valeurs de contraintes nettement supérieures à la moyenne, plus un écart-type.

Pour ce qui concerne les déformations, à - 10 °C les centrales U et K sortent de l'intervalle : moyenne $\pm$ 2 écarts-types. A 25 et 45 °C, la population est plus étalée; seule la centrale A présente une déformation importante. Il faut noter que cette centrale était hors norme pour la déformation Marshall.

On constate donc un certain recoupement avec les résultats Marshall, sans qu'il y ait cependant de relation systématique.

- Eprouvettes type Marshall

Les coefficients de corrélation r entre les résultats précédents et ceux obtenus sur éprouvettes Marshall figurent au tableau II :

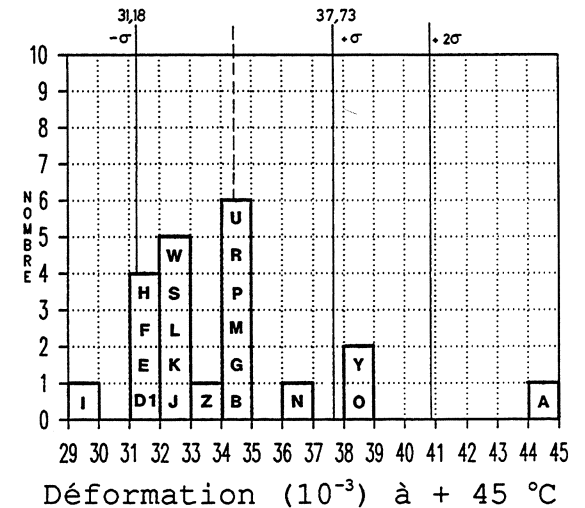
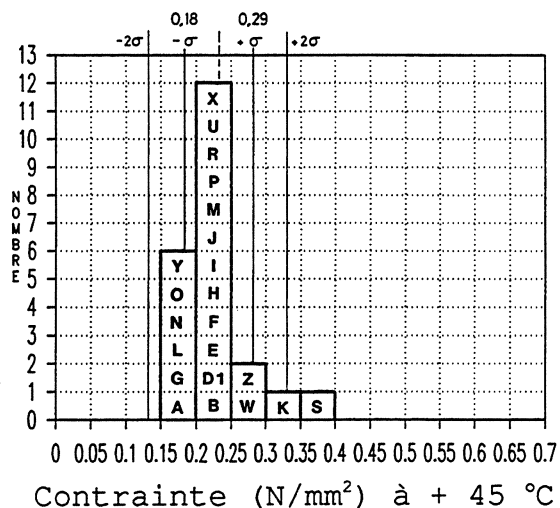
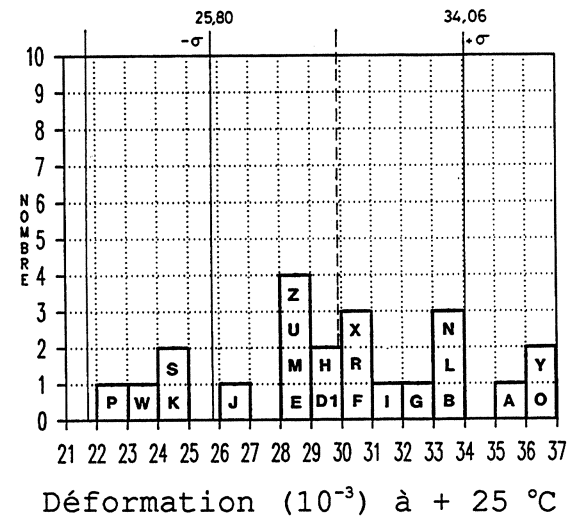
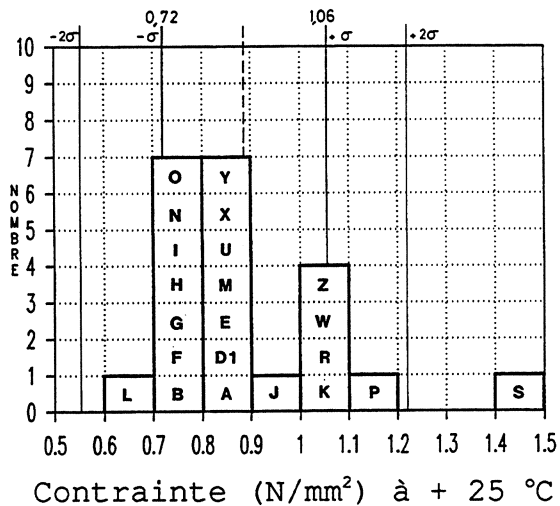
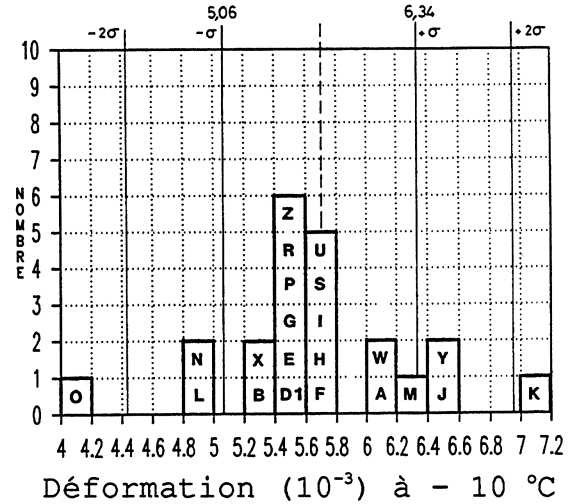
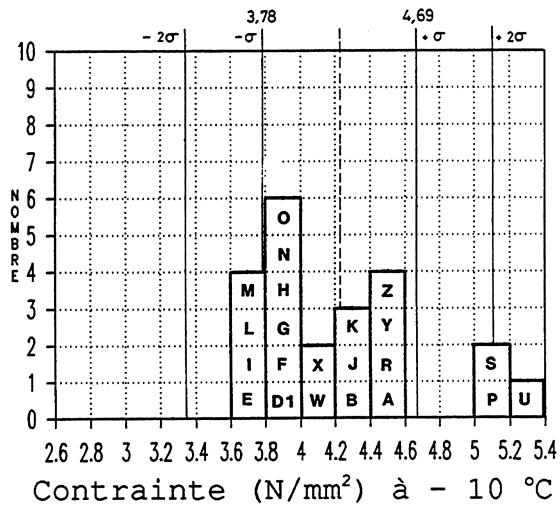
	Contrainte à			Déformation à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.86	0.88	0.87	0.21	0.42	0.56

Tableau II

Ainsi, pour les AB 10, on constate une corrélation assez bonne pour les contraintes, quelle que soit la température, et nettement améliorée par rapport aux AB 6 à 45 °C.

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Essai de compression diamétrale - AB 10



Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 6

Par contre, pour les déformations, les corrélations sont nettement plus faibles que pour les AB 6, notamment à -10°C , température pour laquelle le coefficient r est égal à 0.21 !

Les valeurs absolues des contraintes obtenues sur les éprouvettes Marshall sont en moyenne plus élevées à -10°C que pour les éprouvettes conformes au mode opératoire. Cette différence s'accroît (+ 30 % en moyenne) et devient systématique pour toutes les formulations testées à 25 et 45°C . Les déformations du même ordre à -10°C diminuent en fonction de la température : - 30 % à 25°C et - 47 % à 45°C en moyenne. Ces différences conduisent à des valeurs de complaisance du même ordre à -10°C , mais deux fois plus faibles à 45°C .

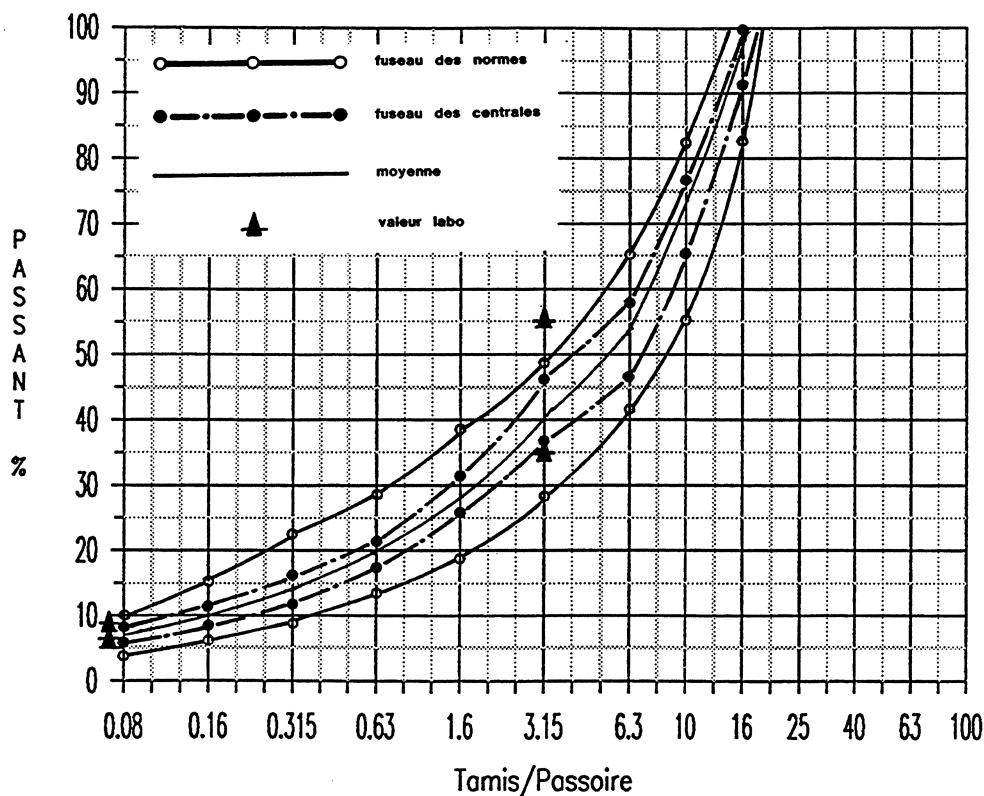
II.3. AB 16

Conformité à la norme SNV 640 431

Comme pour les formulations précédentes, le fuseau des compositions granulométriques (graphique 7) pour lesquelles nous disposons d'informations en provenance des centrales, soit 11 sur 20, se situe à l'intérieur du fuseau normalisé avec une courbe moyenne bien centrée. Les teneurs en fines s'étalent de 5.4 à 8.2 %. Les analyses de laboratoire effectuées sur l'ensemble des prélèvements confirment ces observations et conduisent à une plage de teneurs en fines plus resserrée : 6.5 à 9 % (tableau 1, Annexe IV) et plus large à 3.15 mm, avec un dépassement de la norme vers des formules plus sableuses.

Le liant le plus utilisé est encore le B 80/100 avec des teneurs comprises entre 5.15 et 6.25 % par rapport au granulat. La population des AB 16 est donc conforme à la norme et assez homogène avec quelques dépassements de la courbe granulométrique à 3.15 mm.

AB 16



Graphique 7

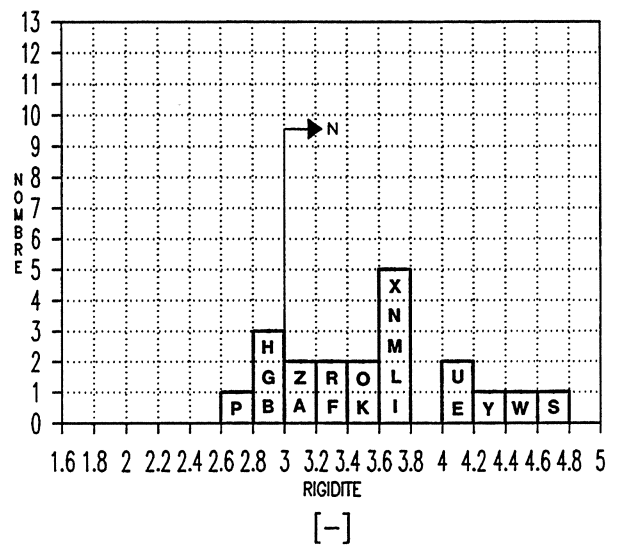
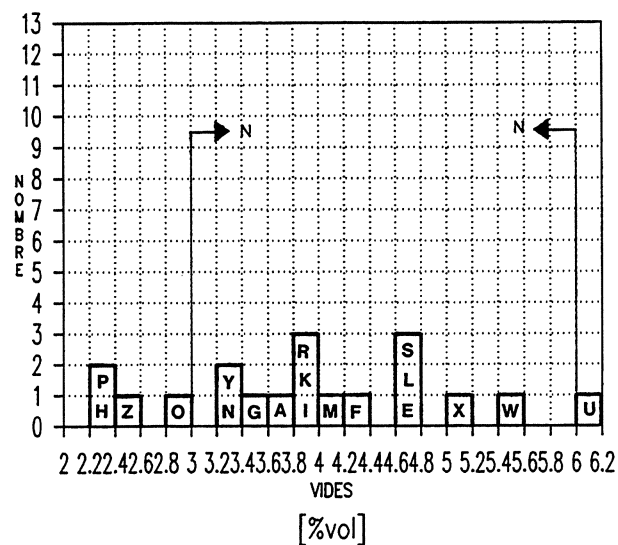
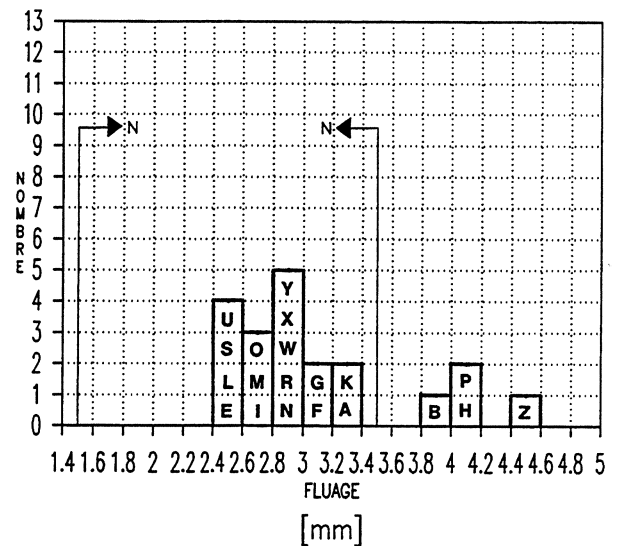
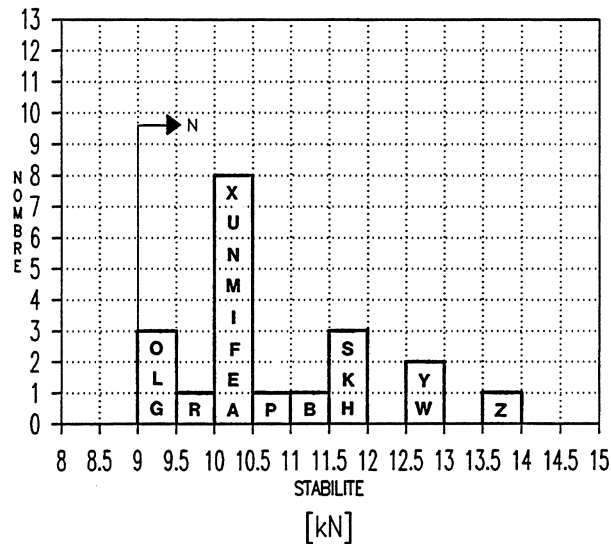
Essai Marshall (Annexe IV : tableau 2)

Les résultats des essais Marshall figurent au tableau 2, Annexe IV. Les histogrammes de répartition des centrales (graphique 8) ont été tracés pour les caractéristiques normalisées : stabilité: SM - fluage: FM - rapport SM/FM - teneur en vides. Leur observation montre que pour les stabilités, la population des vingt centrales testées est conforme. Pour les déformations, quatre centrales sont hors norme, dont trois avec des teneurs en vides trop faibles (P-H-Z), inférieures à 3 %. La centrale U a une teneur en vides excessive vis-à-vis de la norme, mais est conforme par ailleurs.

Ces constatations conduisent à des rapports SM/FM généralement conformes, excepté pour la centrale P.

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai Marshall - AB 16



N : valeur normalisée
Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 8

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Résultats de compression diamétrale (Annexe IV : tableaux 2, 3, 4)

- Epreuves issues de plaques

La répartition des centrales pour les différentes caractéristiques mesurées font l'objet des histogrammes portés sur le graphique 9. Pour les contraintes, ces histogrammes sont très étroits. A - 10 °C, les centrales P et Z s'écartent de la moyenne à plus de deux écart-types. Comme pour l'essai Marshall, elles conduisent à des matériaux présentant une faible teneur en vides. Ce facteur étant très important à - 10 °C, il se traduit par de fortes contraintes.

A 25 et 45 °C, toute la population est dans une plage située autour de la moyenne à plus ou moins deux écart-types. A plus d'un écart-type, on retrouve les centrales P et Z qui présentent, du point de vue formulation, de fortes teneurs en fines, tendance déjà décelée pour les AB 10.

Pour les déformations, la population est plus étalée. A - 10 °C, aucune valeur n'excède la moyenne plus ou moins deux écarts-types. Les centrales P et Z sont bien centrées. Cinq centrales sortent de la plage : moyenne plus ou moins un écart-type. A 25 et 45 °C, il n'y a pas recoupement des centrales pour les plus fortes ou les plus faibles déformations. Seule la centrale W présente une tendance à des déformations relativement faibles. Cette observation n'est pas corroborée par l'essai Marshall. Pour les fortes déformations à 45 °C, seule la centrale B, dont les paramètres de formulation sont tout à fait "moyens", se distingue au travers des deux essais. Dans les deux cas, c'est aussi la centrale qui conduit au matériau le plus fermé : moins de 2 % de vides ! Rappelons que de nombreux facteurs ne sont pas isolés, notamment le granulat.

- Epreuves type Marshall

Les coefficients de corrélation r entre les résultats précédents et ceux obtenus sur des épreuves de type Marshall sont mentionnés dans le tableau III.

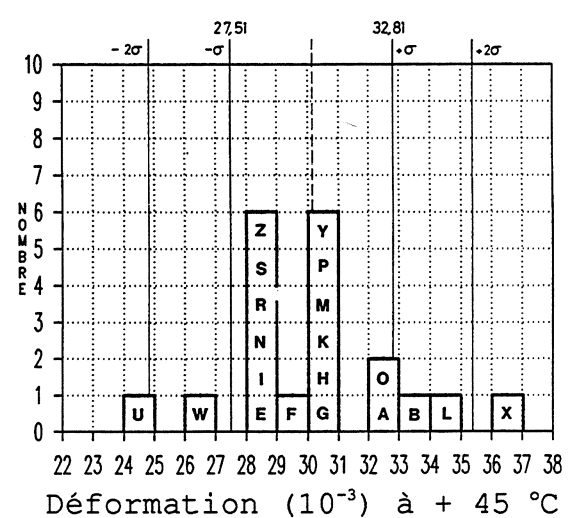
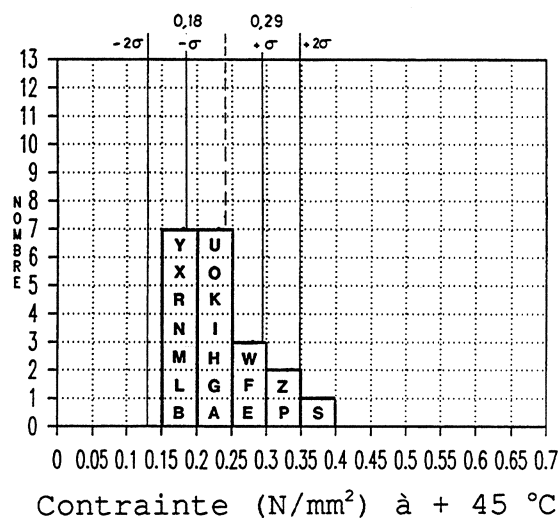
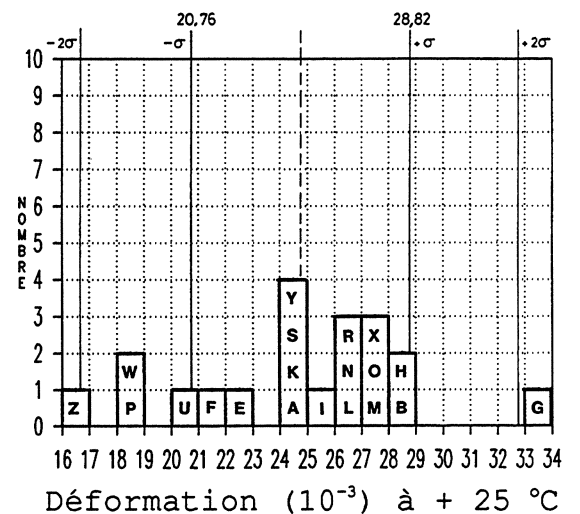
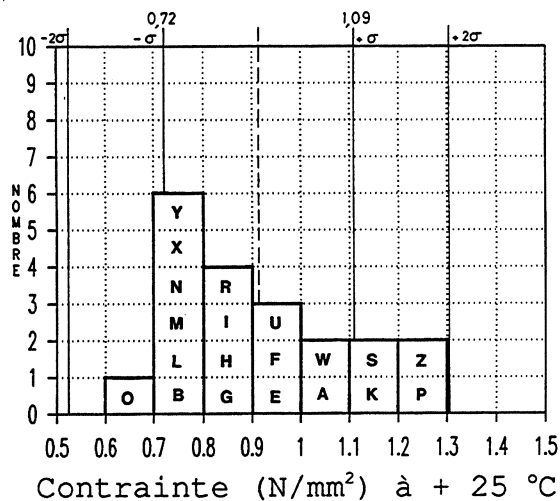
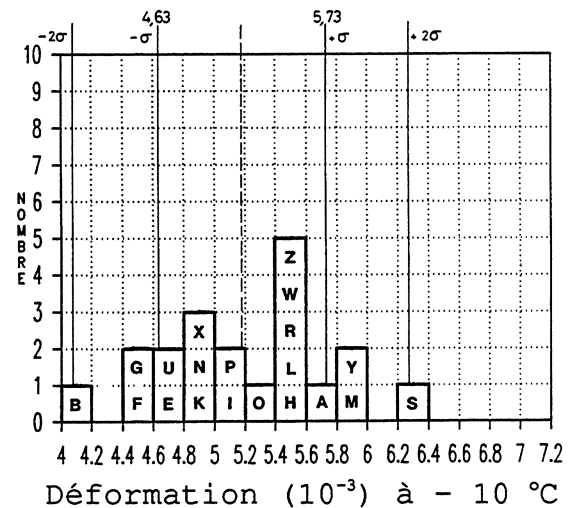
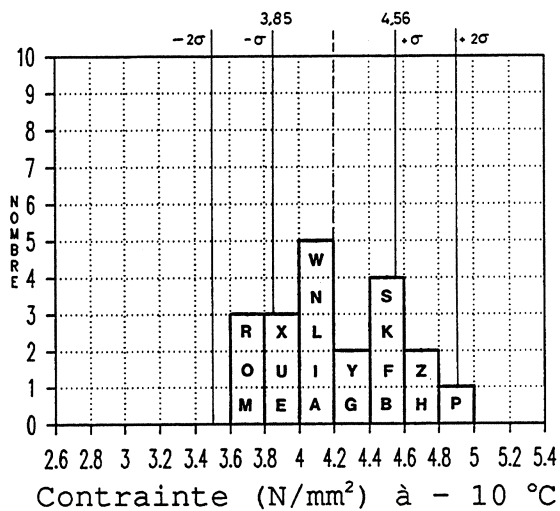
	Contrainte à			Déformation à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.55	0.31	0.65	0.41	0.65	0.58

Tableau III

On constate que la corrélation pour les contraintes et les déformations est faible et toujours du même ordre (~ 0.50).

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai de compression diamétrale - AB 16



Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 9

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

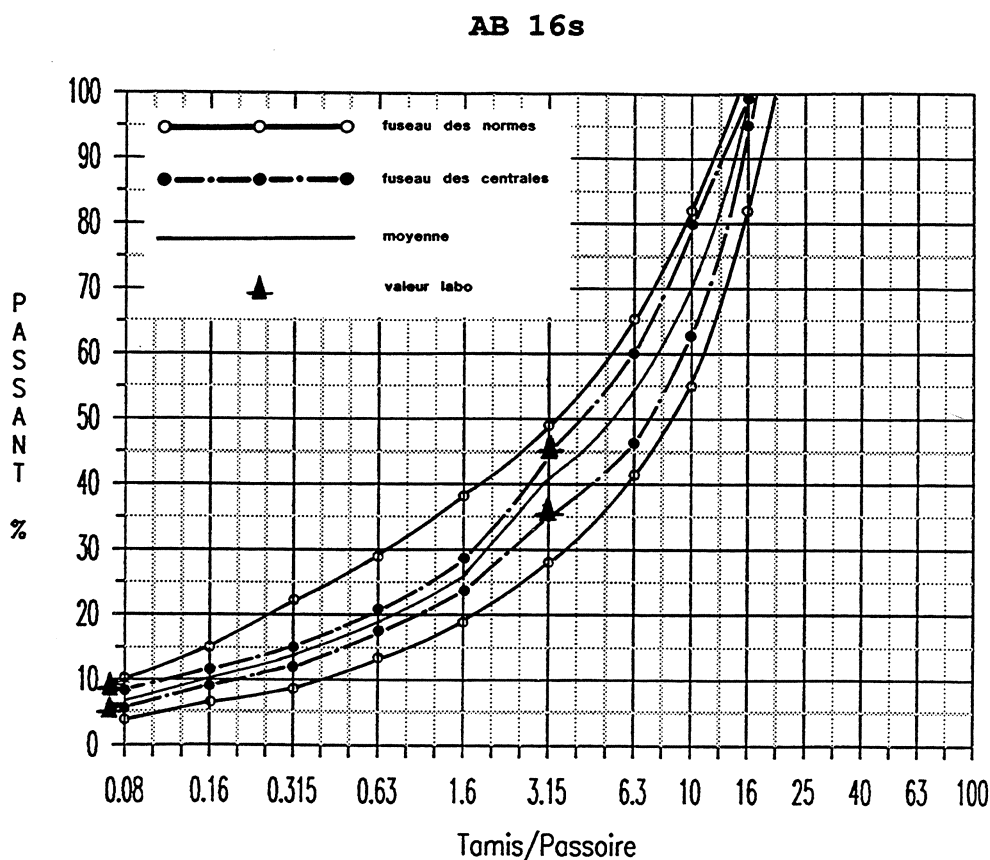
Comme pour les formulations précédentes, les valeurs moyennes des contraintes obtenues à partir des éprouvettes Marshall sont en moyenne plus élevées, du même ordre ou légèrement supérieures à -10°C ; l'écart passe à 30 % environ pour les températures de 25 et 45°C . Les déformations du même ordre ou légèrement supérieures à -10°C deviennent nettement plus faibles à 25 et 45°C et présentent un écart moyen respectivement de -30 % et -48 %, soit la même différence que pour les AB 10.

L'ensemble de ces constatations conduit à des valeurs de complaisance en moyenne peu différentes à -10°C et deux fois plus faibles à 25 et 45°C , donc à une estimation de la rigidité nettement plus faible.

II.4. AB 16s

Conformité à la norme SNV 640 431

Quatorze centrales ont fourni des enrobés AB 16s; huit d'entre elles ont communiqué quelques indications sur la composition. Le fuseau granulométrique (graphique 10) correspondant est très étroit, centré pour les éléments inférieurs à 6.3 mm et décalé vers le haut pour la fraction supérieure.



Graphique 10

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

A 10 mm, une centrale a proposé une fabrication nettement plus grenue, ce qui explique l'élargissement du fuseau à ce niveau. La teneur en fines varie entre 5.3 et 8.3 % et représente donc une plage de valeurs assez large. Cependant, les résultats en laboratoire sur les enrobés analysés (tableau 1, Annexe V) conduisent à des teneurs en fines variant entre 6.05 et 9.55 %, donc à une plage un peu plus large et décalée vers les valeurs supérieures normalisées. Ces mêmes analyses recoupent le fuseau pour les teneurs en sable et gravillons.

La teneur en liant obtenue en laboratoire se situe entre 4.9 et 5.95 % par rapport au granulats. Sa nature est plus variable que pour les formulations précédentes; en effet on peut avoir un bitume pur 60/70 ou 80/100, mais figurent également un goudron bitume, un bitume modifié et un ajout de Trinidad. Toutes ces observations nous conduisent à considérer cette population relativement faible comme assez hétérogène.

Essai Marshall (Annexe V : tableau 2)

Les valeurs obtenues figurent sur le tableau 2 de l'annexe V. Le graphique 11 présente les histogrammes de répartition des 14 centrales pour la stabilité, la déformation, le rapport SM/FM et la teneur en vides.

Les stabilités sont bien groupées, conformes à la norme, à l'exception de la centrale 0 qui ne présente pas de particularité connue. Cinq centrales conduisent à des déformations supérieures à 3.5 mm, dont la centrale 0. Les quatre autres centrales ont des teneurs en vides faibles, inférieures à 3 % (P, F et G).

Le rapport SM/FM intègre ces constatations : cinq centrales sont hors norme avec des valeurs inférieures à 3.3 KN/mm.

Résultats de compression diamétrale (Annexe V : tableaux 2, 3, 4)

- Eprouvettes issues de plaques

Les histogrammes de répartition des centrales sont portés sur le graphique 12. Les contraintes sont bien groupées. Quelle que soit la température, toutes les valeurs sont à moins de deux écarts-types de la moyenne; trois sont entre 1 et 2 écarts-types à - 10 °C, quatre à - 25 °C et cinq à 45 °C. Si on compare les résultats à 45 °C et le résultat de stabilité Marshall, on remarque un classement inverse de la centrale 0. Les déformations sont beaucoup plus étalées, quelle que soit la température, mais aucune valeur ne se situe au-delà de la moyenne plus deux écarts-types.

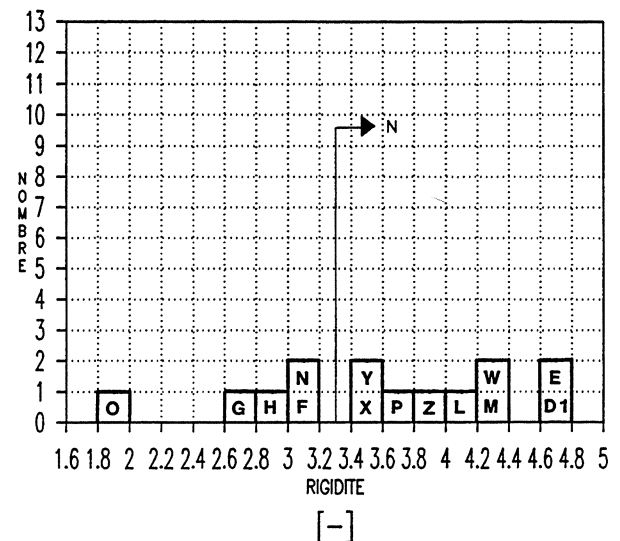
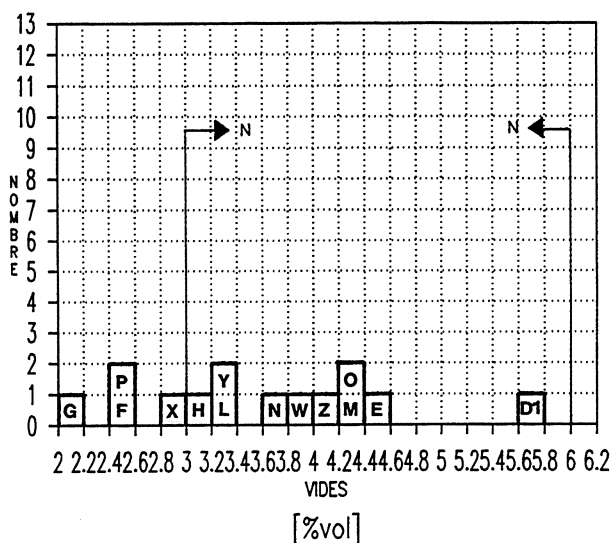
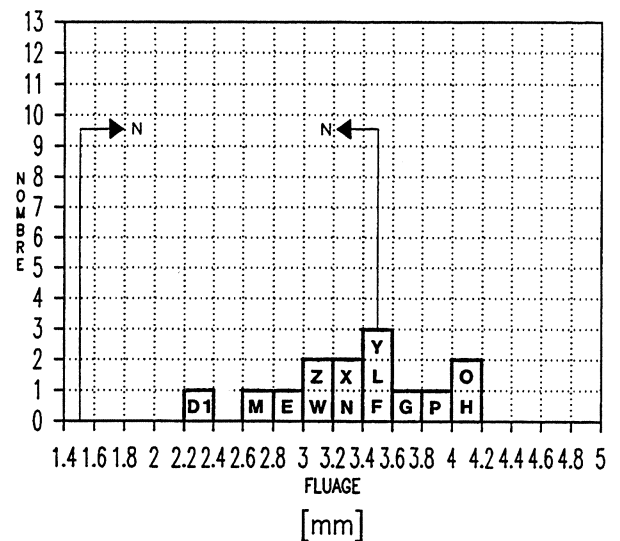
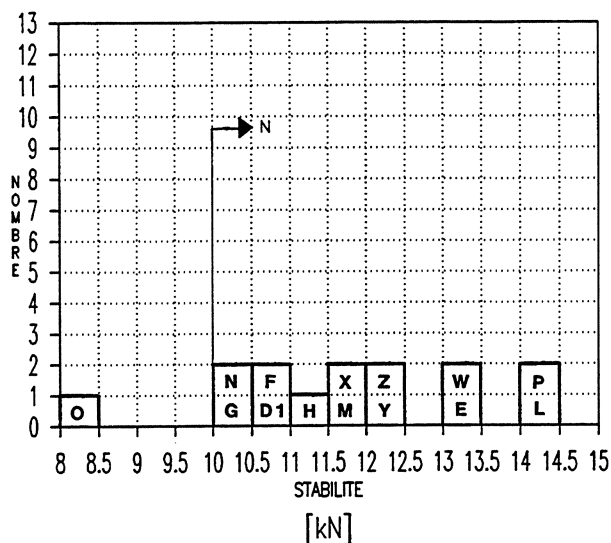
A - 10 °C, cinq centrales présentent des déformations à plus d'un

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

écart-type de la moyenne. Les déformations les plus élevées (Z, N, Y) correspondent à des formulations à base de B 80/100 ou de bitume-polymère ou encore à une forte teneur en liant (Y). A l'inverse, les centrales D1 et E conduisent à des déformations faibles. La formule D1 contient de l'asphalte naturel de Trinidad et un fort pourcentage en gravillons.

A 25 et 45 °C, on observe le même nombre de centrales entre un et deux écarts-types. On retrouve les centrales D1 et E parmi celles qui conduisent à des déformabilités faibles et N et Y pour les déformabilités importantes.

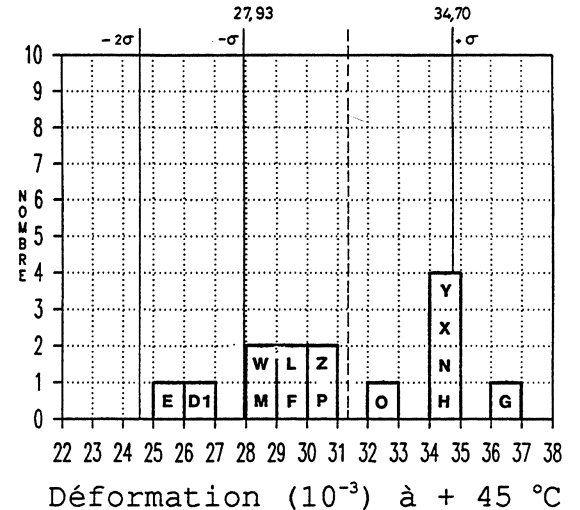
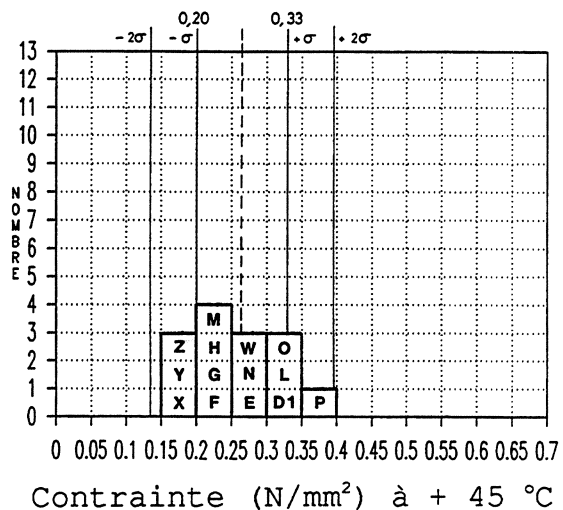
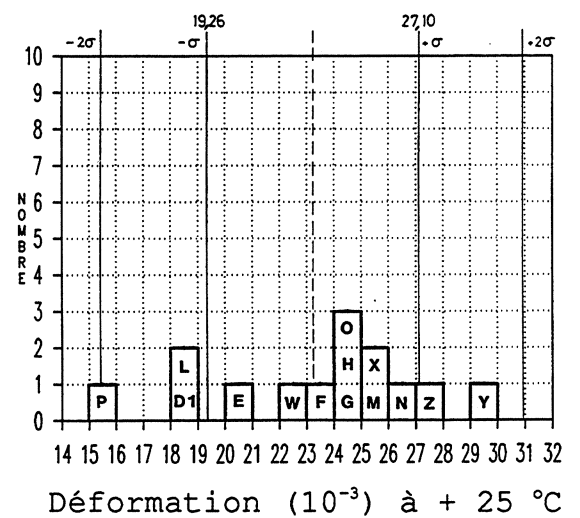
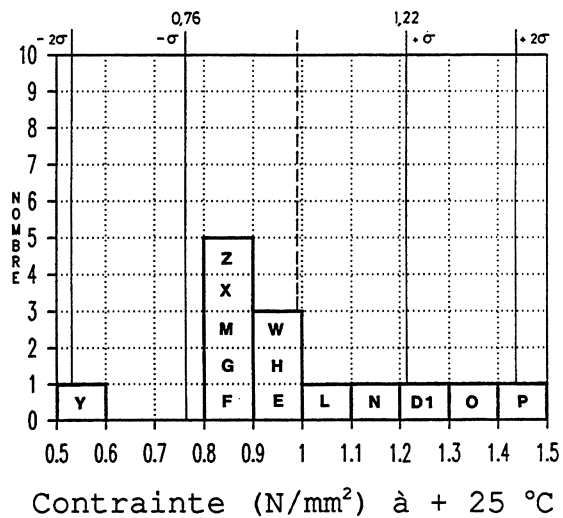
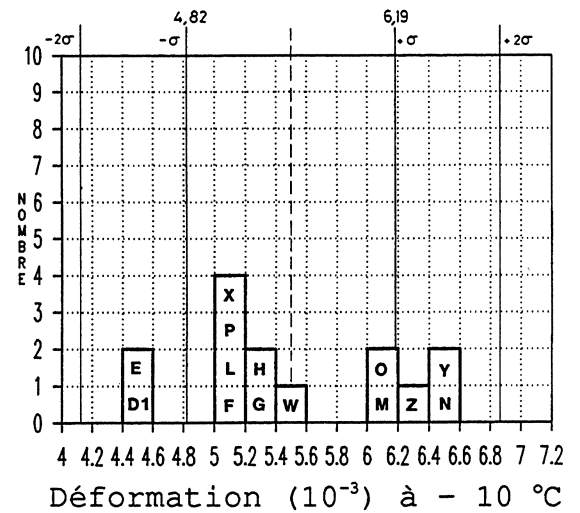
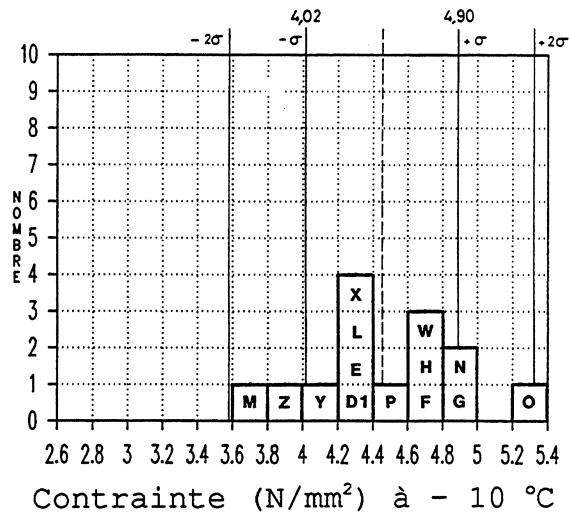
Essai Marshall - AB 16s



N : valeur normalisée
 Histogrammes de répartition des centrales
 Graphique 11

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai de compression diamétrale - AB 16s



Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 12

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Comparativement à l'essai Marshall, les centrales G et H présentent également une sensibilité aux déformations à forte température. La centrale H a fourni un enrobé à base de bitume goudron.

Cependant, ces observations sont à manier avec une grande prudence; les paramètres de formulation n'étant pas bloqués, on ne peut constater que quelques tendances.

- Eprouvettes type Marshall

Les corrélations entre les deux types d'éprouvettes figurent au tableau IV :

	Contrainte à			Déformation à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.88	0.63	0.94	0.61	0.75	0.51

Tableau IV

Les corrélations sont bonnes pour les contraintes à - 10 et 45 °C et d'une façon générale plus élevées que pour les AB 16.

Comme pour les formulations précédentes, on constate que les résultats obtenus pour les contraintes sur des éprouvettes Marshall sont en moyenne toujours plus élevées et du même ordre à - 10 °C. Cet accroissement passe à 39 % à 25 °C et à 40 % à 45 °C.

Pour les déformations, elles sont en moyenne inférieures à - 10 °C, bien que du même ordre, et décroissent avec la température par rapport à celles obtenues sur éprouvettes issues de plaques : - 27 % à 25 °C et - 40 % à 45 °C. Cela est donc tout à fait comparable à ce qui a été obtenu sur les formulations précédentes, sans qu'il y ait obligatoirement une bonne corrélation.

En conséquence, les valeurs des complaisances très voisines à - 10 °C sont deux fois plus faibles à 25 °C et deux fois et demie à 45 °C pour les éprouvettes type Marshall.

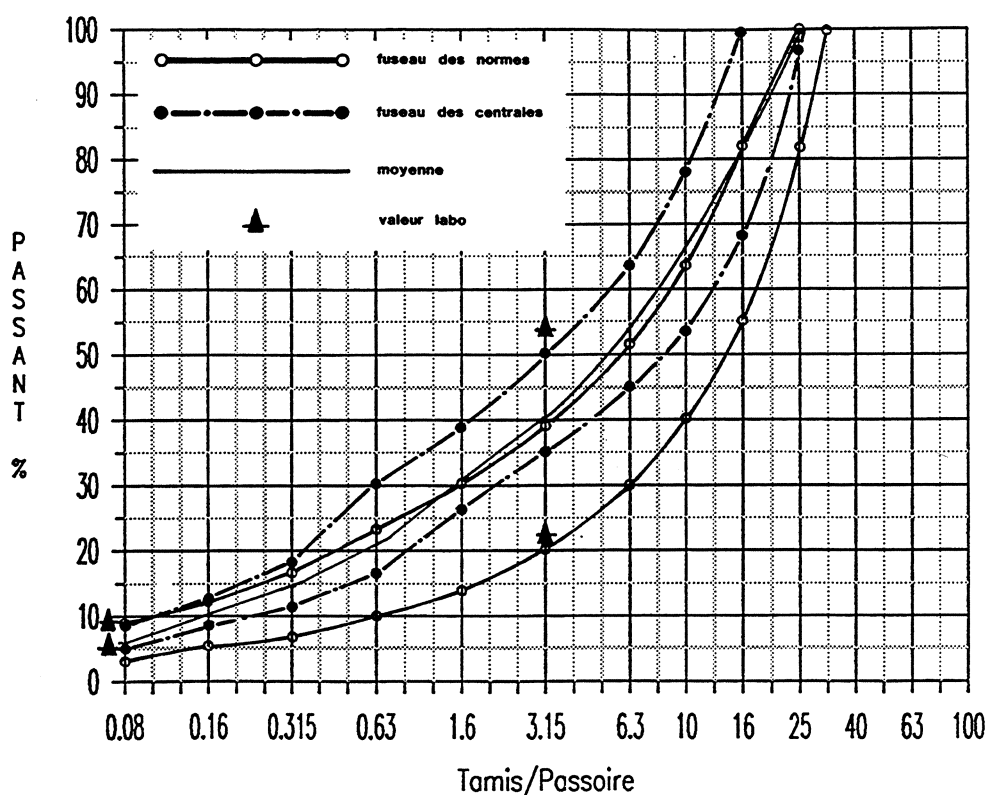
II.5. HMT 25

Conformité à la norme SNV 640 431

Huit centrales sur quinze nous ont communiqué les compositions utilisées. Contrairement aux enrobés pour couche d'usure, on constate que la courbe moyenne (graphique 13) suit la limite supérieure du fuseau normalisé, à l'exception de la teneur en fines qui est centrée. Un certain nombre de compositions sont donc hors norme. Il apparaît ainsi que les HMT 25 correspondent à des formules peu grenues, cela est confirmé par les contrôles de laboratoire qui aboutissent à une plage encore plus importante à 3.15 mm (tableau 1, Annexe VI).

Les teneurs en fines varient entre 5.2 et 8.6 % selon les informations reçues et entre 5.9 et 9.1 % selon les contrôles. Les teneurs en liant de contrôle varient entre 4.1 et 5.2 % par rapport au granulat avec une valeur exceptionnelle à 5.6 % (centrale Z). Le liant le plus utilisé est le bitume B 80/100; deux exceptions connues : un bitume B 180/220 et un bitume goudron TB 2000.

HMT 25



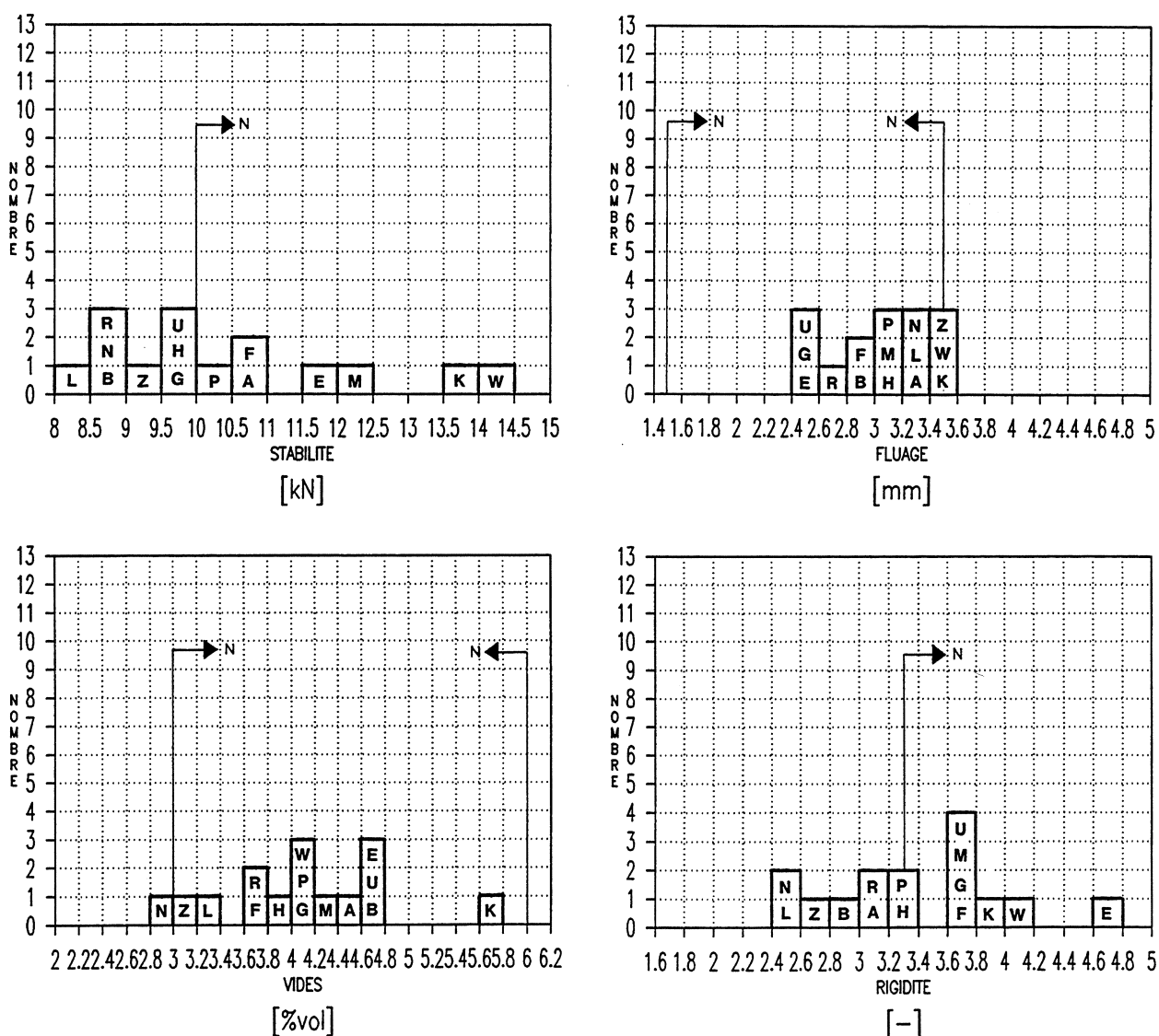
Graphique 13

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai Marshall (Annexe VI : tableau 2)

Les valeurs obtenues figurent au tableau 2 de l'annexe VI. Les histogrammes de répartition des centrales pour la stabilité, la déformation, le rapport SM/FM et la teneur en vides font l'objet du graphique 14. Leur examen montre que pour la stabilité, les centrales sont en majorité centrées sur le seuil normalisé (10 kN), cinq d'entre elles sont nettement hors norme (L-R-N-B-Z), alors que quatre de ces centrales présentent des teneurs en vides faibles et aucune particularité de formulation recensée. Les déformations bien que décalées vers le seuil haut de la norme (3.5 mm) sont conformes. Ces considérations conduisent à des rigidités Marshall assez faibles, notamment pour les cinq centrales citées précédemment.

Essai Marshall - HMT 25



N : valeur normalisée

Histogrammes de répartition des centrales

Graphique 14

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Résultats de compression diamétrale (Annexe VI : tableaux 2, 3, 4)

- Eprouvettes issues de plaques

Les histogrammes de répartition des centrales, portés sur le graphique 15, sont bien groupés pour les contraintes. Quelle que soit la température, la population se situe autour de la moyenne à plus ou moins un écart-type. A 25 et 45 °C, la centrale P est tangente à la moyenne plus deux écarts-types. Pour les déformations, la population est plus dispersée, mais seules les centrales G et Z présentent des valeurs voisines de la moyenne plus deux écarts-types, respectivement à - 10 et + 25 °C. Dans le domaine des fortes déformations à 45 °C, on trouve les centrales Z, N et L qui présentaient une faible rigidité Marshall.

- Eprouvettes type Marshall

Les coefficients de corrélation entre les résultats obtenus à partir des deux modes de fabrication plaque et Marshall sont présentés au tableau V :

	Contrainte à			Déformation à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.52	0.88	0.92	0.71	0.99	0.74

Tableau V

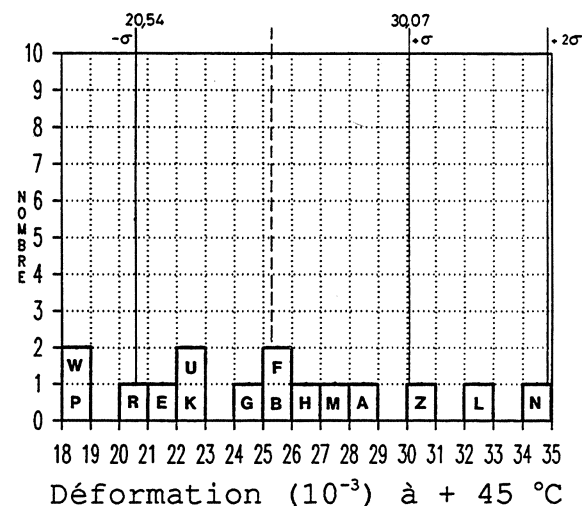
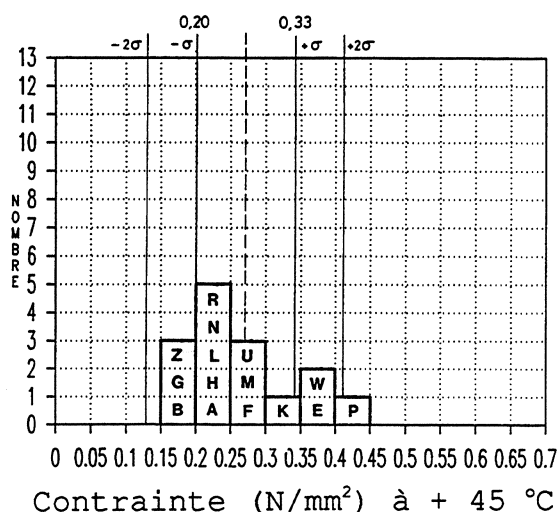
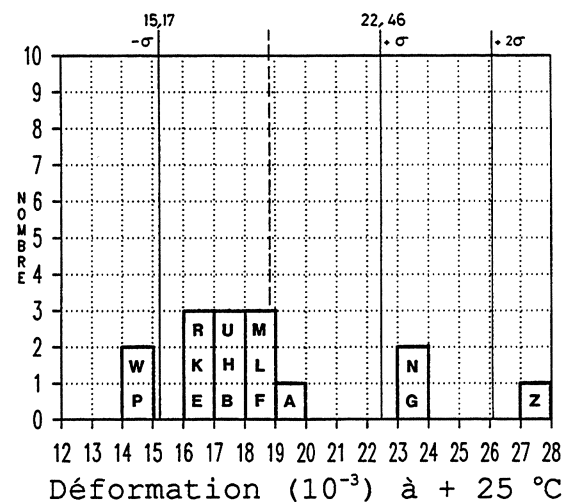
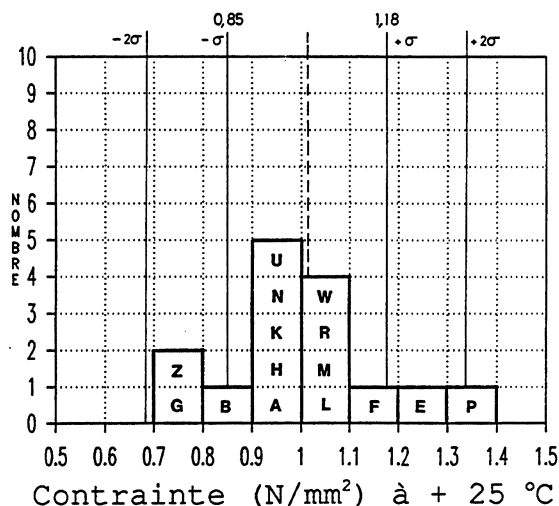
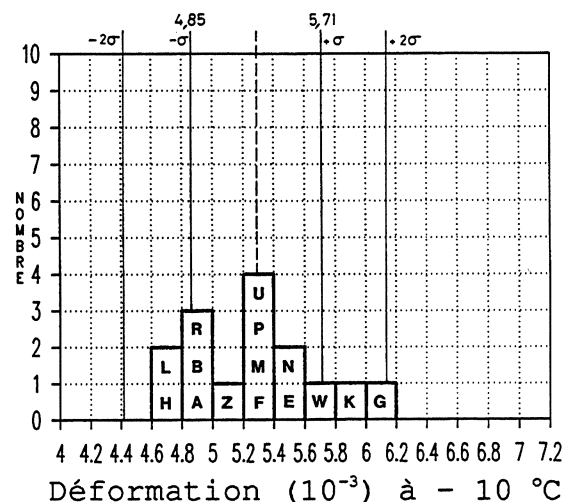
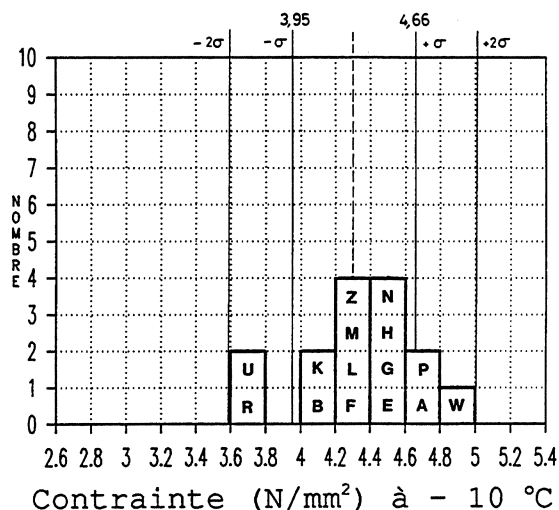
Pour les contraintes, la corrélation à 25 et 45 °C est bonne et très moyenne à - 10 °C. Pour les déformations, on obtient une très bonne corrélation à 25 °C.

En ce qui concerne les résultats, on observe des valeurs de contrainte du même ordre que celles obtenues sur les éprouvettes issues de plaques à - 10 °C, mais les teneurs en vides sont en moyenne plus élevées pour les éprouvettes Marshall, ce qui, à basse température, conduit à des valeurs de contrainte minorées. A 25 et 45 °C, on retrouve des valeurs systématiquement plus élevées avec les éprouvettes Marshall comme pour les formules précédentes : l'accroissement étant respectivement de 25 et 30 % donc un peu moins accentué que pour les autres types d'enrobé.

Pour les déformations, les valeurs en moyenne légèrement plus élevées à - 10 °C pour les éprouvettes Marshall deviennent systématiquement plus faibles à 25 et 45 °C : respectivement de 18 et 36 %. On en déduit donc des valeurs de la complaisance du même ordre à - 10 °C, un tiers plus faible à 25 °C et deux fois plus faibles à 45 °C.

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai de compression diamétrale - HMT 25

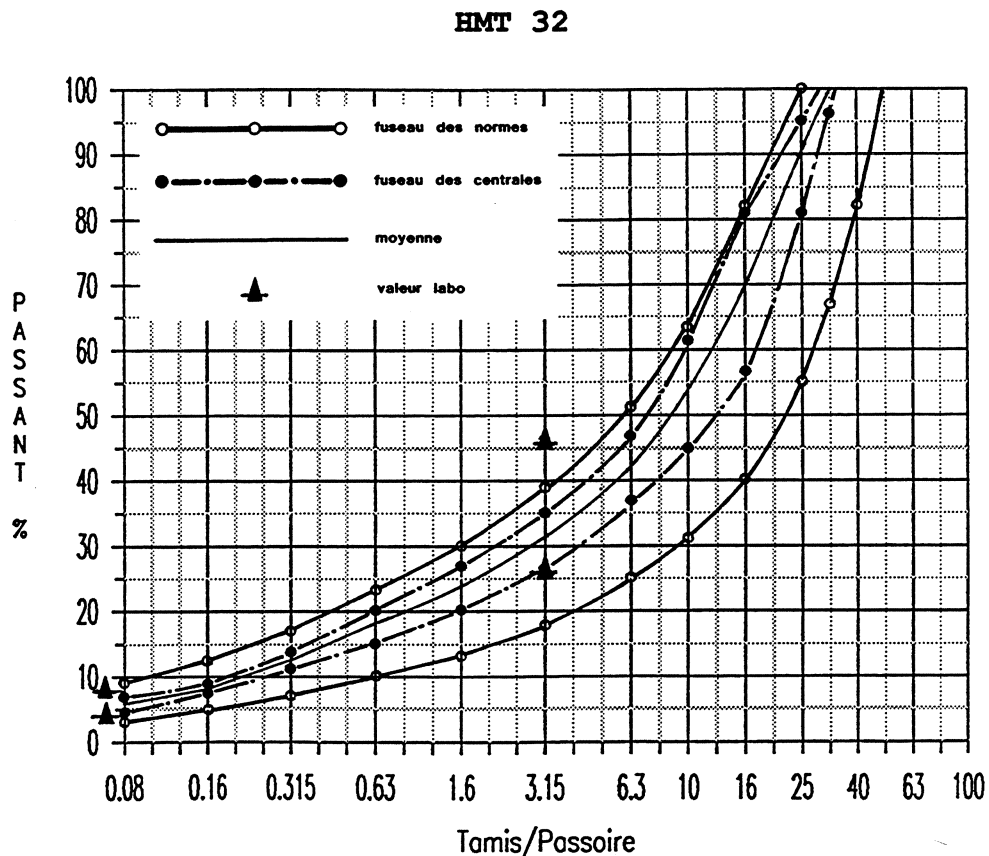


Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 15

II.6. HMT 32

Conformité à la norme SNV 640 431

La courbe granulométrique moyenne obtenue à partir des informations fournies par 11 centrales sur les 20 testées se situe au tiers supérieur du fuseau normalisé pour les éléments supérieurs à 3.15 mm (graphique 16). Pour les éléments plus fins, y compris les fines, la courbe est centrée. La plage des teneurs en fines est un peu plus étroite que celle obtenue en laboratoire après extraction : 4.9 à 6.5 % au lieu de 4.5 à 7.7 %.



Par rapport au granulat, les teneurs en liant obtenues par désenrobage en laboratoire (tableau 2, Annexe VI) sont comprises entre 3.85 et 5.05 % en prenant les valeurs extrêmes, mais pour dix huit centrales sur vingt cette fourchette est réduite, soit 4.2 % à 4.9 %. Comme pour les HMT 25, la nature du liant est généralement du B 80/100, mais on note la présence d'un bitume goudron, d'un bitume B 60/70 et d'un bitume B 120/150. Par ailleurs, de nombreuses centrales utilisent des granulats "semi-concassés".

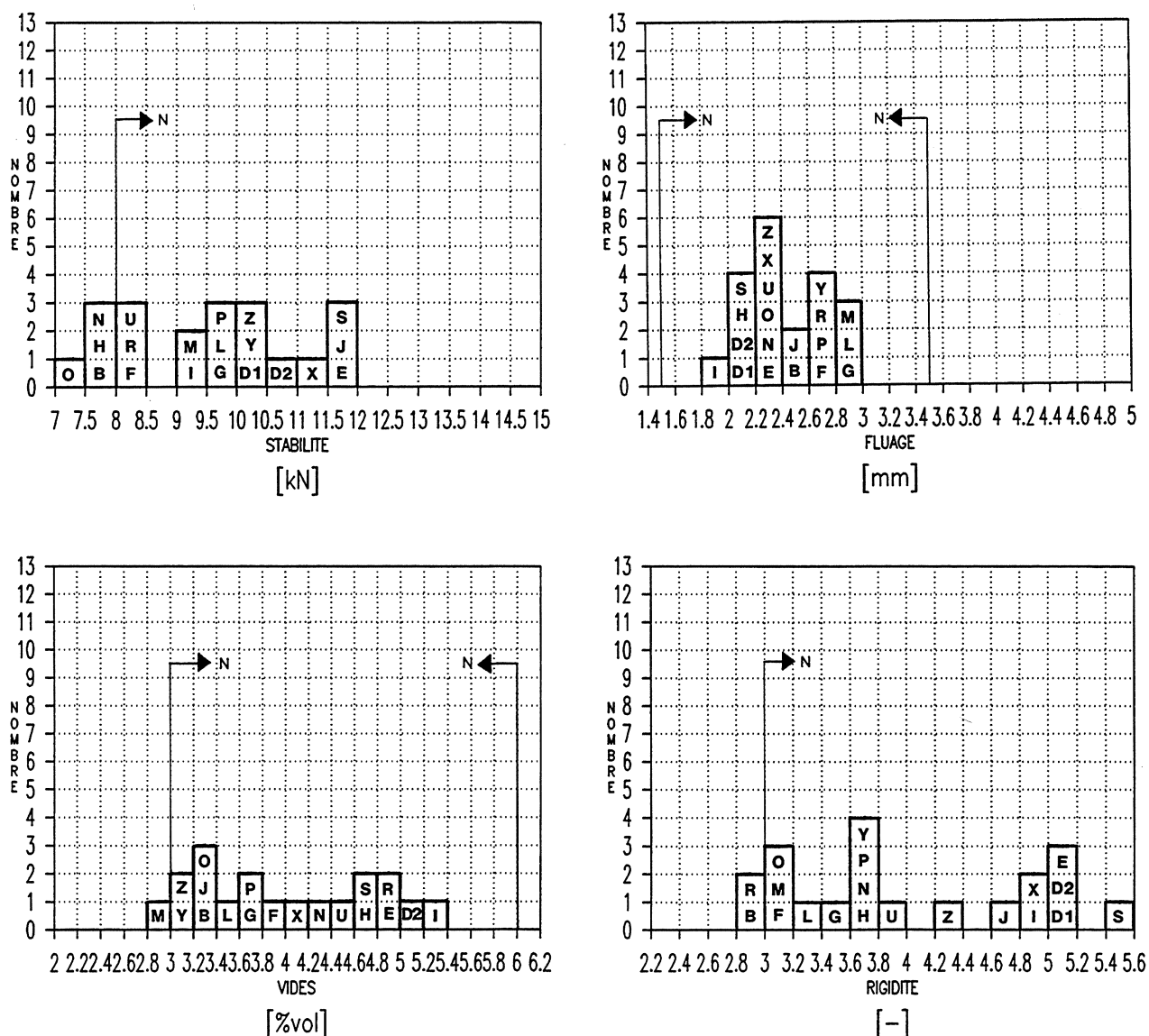
Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Donc, dans l'ensemble, les formules d'HMT 32 sont plus conformes à la norme que les HMT 25 du point de vue granulométrique, mais représentent une population assez hétérogène par la nature du liant utilisé.

Essai Marshall (Annexe VII : tableau 2)

Les résultats sont portés sur le tableau 2 de l'annexe VI. Le graphique 17 représente les histogrammes de répartition des centrales pour les caractéristiques normalisées.

Essai Marshall - HMT 32



N : valeur normalisée
Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 17

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Pour la stabilité, on constate que cinq centrales sont tangentes au seuil fixé par la norme, sans présenter de caractéristiques connues de composition bien particulières, à l'exception de la centrale H qui fournit un matériau à base de bitume-goudron.

Pour le fluage, toutes les centrales sont bien groupées entre 2 et 3 mm. On a donc une rigidité Marshall conforme à la norme avec deux centrales tangentes au seuil minimal.

Les teneurs en vides se situent en général entre 3 et 5 % avec une exception pour la centrale D1 dont le matériau présente un taux de vides de 8.55 %, sans que cela n'affecte la conformité à la norme pour les autres caractéristiques (de ce fait, il ne figure pas sur l'histogramme). Il faut noter que ce matériau a de faibles teneurs en liant et en fines : 3.45 et 4.45 % respectivement.

Résultats de compression diamétrale (Annexe VII: tableaux 2, 3, 4)

- Eprouvettes issues de plaques

Les histogrammes de répartition des centrales sont portés sur le graphique 18. Pour les contraintes, les centrales sont bien groupées, plus particulièrement à 25 et 45 °C.

A - 10 °C, la centrale D1 est à moins deux écarts-types de la moyenne, cela est à relier à l'incidence de la teneur en vides à cette température, les échantillons présentant la plus forte teneur en vides de la population soit 8.50 %, du même ordre que pour les échantillons destinés à l'essai Marshall. Les centrales U, H, I et L, G sortent de l'intervalle: moyenne moins ou plus un écart-type.

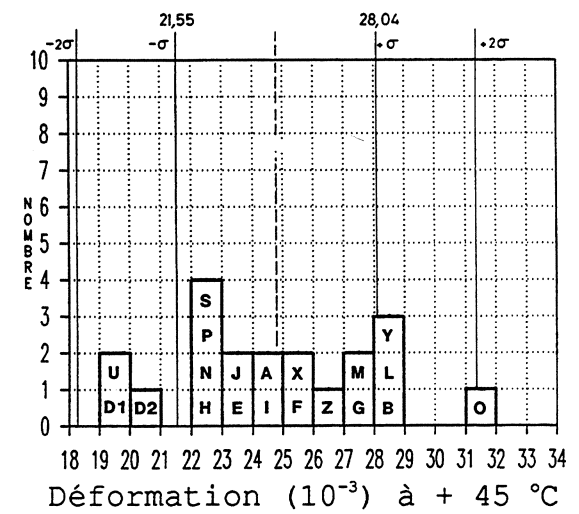
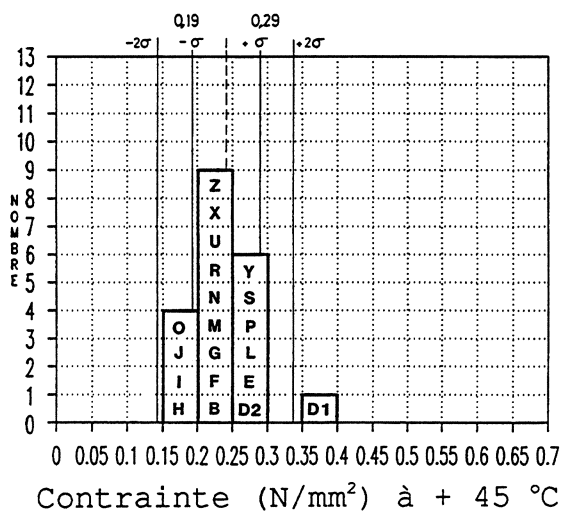
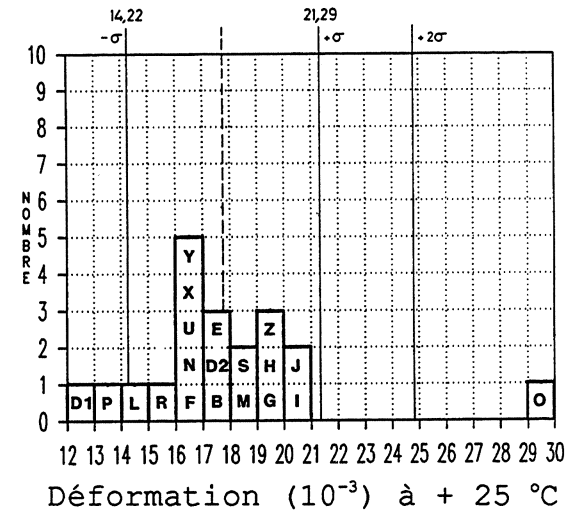
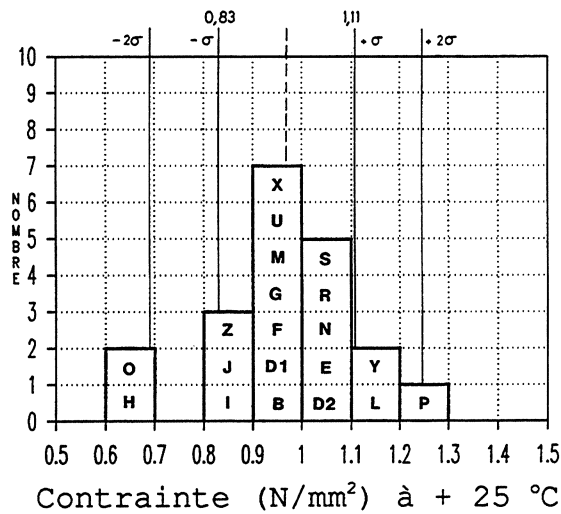
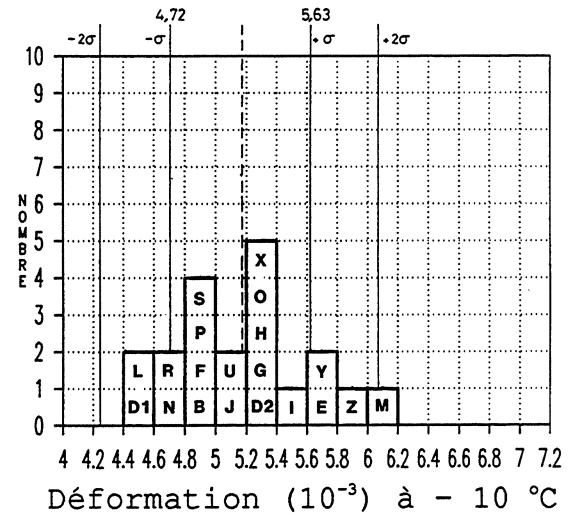
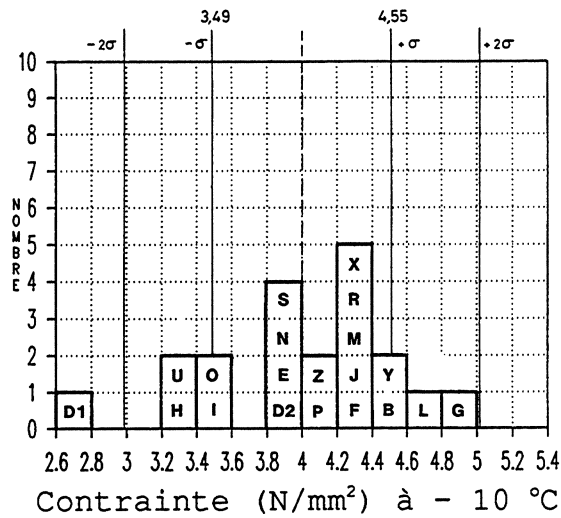
A 25 °C, les centrales P, O et H sont tangentes à la moyenne à plus ou moins deux écarts-types, toutes les autres sont très groupées.

A 45 °C, la centrale D1, du fait de sa composition déjà signalée, présente une forte résistance à la compression diamétrale supérieure à la moyenne plus deux écarts-types. Les autres centrales sont très groupées.

Pour ce qui concerne les déformations et comme pour les autres formulations, on constate une dispersion plus grande quelle que soit la température. A - 10 °C, la centrale M présente une déformabilité importante, supérieure à la moyenne plus deux écarts-types. C'est la centrale qui présente la plus forte teneur en liant de la population, et une teneur en fines élevée avec une teneur en gravillons relativement faible. Entre un et deux écarts-types, on trouve les centrales D1 et L pour les valeurs basses et E et Z pour les valeurs les plus élevées.

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

Essai de compression diamétrale - HMT 32



Histogrammes de répartition des centrales
Graphique 18

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

A 25 °C, une seule centrale, la 0, présente une déformabilité supérieure à la moyenne plus deux écart-types. Ce matériau correspond au plus fort taux de gravillons. Entre un et deux écart-types, on trouve les centrales D1 et P pour les valeurs faibles. Si D1 présente une faible teneur en liant, P n'a pas de caractéristique identifiée particulière, si ce n'est un taux assez fort en gravillons, ce qui va dans le sens inverse de l'observation faite pour la centrale 0 !

A 45 °C, la centrale 0 présente à nouveau une forte déformabilité située à plus de deux écarts-types de la moyenne; cela joint à une résistance faible conduit à une complaisance très élevée. Cette observation est partiellement recoupée à l'essai Marshall pour lequel les valeurs obtenues sont conformes à la norme, à l'exception de la stabilité.

- Eprouvettes type Marshall

Le tableau VI présente les coefficients de corrélation r obtenus à partir des deux types d'éprouvettes.

	Contrainte à			Déformation à		
	- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
r	0.62	0.79	0.31	- 0.05	0.59	0.75

Tableau VI

L'examen des valeurs de contraintes et de déformations fait apparaître les mêmes tendances que pour les formules précédentes, notamment pour les HMT 25.

A - 10 °C, les contraintes mesurées sur les éprouvettes Marshall sont du même ordre que celles obtenues sur les éprouvettes issues de plaque, mais pour des teneurs en vides un peu plus grandes avec des déformations en moyenne légèrement supérieures. La corrélation est moyenne pour la contrainte et nulle pour la déformation.

A + 25 °C, les contraintes sont 30 % plus élevées et les déformations plus faibles de 20 %.

Les mêmes tendances sont amplifiées à 45 °C; la contrainte est en moyenne 37 % plus élevée et la déformation est en moyenne 45 % plus faible. Les corrélations sont médiocres.

III. SYNTHESE

Conformité à la norme SN 640 431

L'ensemble des observations décrites au chapitre II nous permet de considérer que les compositions des populations testées pour chaque type de formule sont bien conformes à la norme SNV 640 431, avec une réserve pour les courbes granulométriques des HMT 25. D'une façon générale, il faut noter que les plages des courbes granulométriques, des teneurs en fines et des teneurs en liant sont bien centrées sur les valeurs normalisées, avec des étendues un peu plus faibles. Il est donc possible que les caractéristiques mécaniques de formules extérieures à ces limites testées et cependant conformes à la norme soient extérieures aux valeurs caractéristiques des populations examinées.

Par ailleurs, la vérification de la conformité à la norme au moyen de l'essai Marshall a mis en évidence une bonne adéquation des compositions aux caractéristiques exigées. On remarquera que pour les enrobés de couche d'usure, à l'exception des AB6, les populations sont groupées vers le seuil inférieur des teneurs en vides et le seuil supérieur des déformations, notamment pour les AB 16s. Pour les HMT, on observe un comportement différent avec un centrage des stabilités vers le seuil inférieur. De toute évidence, ces constatations sont très liées au dosage en liant.

Essai de compression diamétrale

- Incidence du mode de compactage

Les différences non systématiques constatées entre les résultats correspondant aux deux modes de compactage étudiés : compacteur à pneus et Marshall (tableau VII) s'expliquent très vraisemblablement par le domaine de comportement du matériau à la température considérée. A - 10 °C, domaine du comportement fragile, les écarts de contrainte et déformation sont faibles car les sollicitations se font essentiellement au niveau des granulats. A 25 et 45 °C, ces sollicitations se développent au sein du mortier ou du film de bitume et, dans ce cas, l'écrasement du mastic ou du film de bitume doit varier considérablement avec le mode de compactage. Le mode de compactage Marshall sur un enrobé fretté peut conduire aussi à des arrangements de grains très spécifiques conduisant à des rigidités plus grandes et à une déformabilité plus faible à ces deux températures, quel que soit le type de formule. A 45 °C, température à laquelle le film de bitume est le plus sollicité, il se produit une accentuation de cet effet. Par ailleurs, il est connu que le mode de compactage Marshall conduit à une évolution granulométrique plus ou moins marquée selon le matériau; si tel est le cas pour certaines formules testées, cet effet peut être un élément parasite pouvant contribuer au manque de corrélation entre

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

les deux procédés. En outre, la différence d'éclatement entre les deux types d'éprouvettes : 1 pour celles conformes au mode opératoire et 0,63 pour celles de type Marshall constitue un facteur influençant de façon importante le résultat tant en contrainte (réf. 1) qu'en déformation.

			Contrainte à :			Déformation à :		
			en N/mm ²			en 10 ⁻³		
			- 10 °C	25 °C	45 °C	- 10 °C	25 °C	45 °C
AB 6	P		4.32	0.84	0.214	6.24	37.0	41.3
	M		4.48	1.19	0.299	6.57	25.7	24.3
AB 10	P		4.23	0.88	0.234	5.70	29.9	34.4
	M		4.53	1.21	0.299	5.92	20.0	18.2
AB 16	P		4.20	0.90	0.236	5.18	24.7	30.1
	M		4.36	1.23	0.305	5.76	17.5	15.5
AB 16s	P		4.45	0.98	0.263	5.50	23.1	31.3
	M		4.65	1.37	0.370	5.79	17.0	17.2
HMT 25	P		4.30	1.01	0.266	5.27	18.8	25.3
	M		4.23	1.25	0.348	5.60	15.4	15.7
HMT 32	P		4.02	0.97	0.240	5.17	17.7	24.7
	M		3.98	1.28	0.331	5.57	14.2	13.7

Tableau VII

Comparaison des valeurs moyennes des contraintes et des déformations des éprouvettes type "Plaque" (P) et type "Marshall" (M)

- Comparaison des différents types d'enrobés

Les graphiques 19 et 20 permettent, ainsi que le tableau VIII, de comparer les valeurs caractéristiques des contraintes, déformations et complaisances des six types d'enrobés examinés.

On constate :

- à - 10 °C

- pour les couches d'usure :

des valeurs de la contrainte plus faibles pour les AB 10 et AB 16; la déformation est minimale pour les AB 16 et maximale pour les AB 6. Cela n'est qu'en partie explicité par la régression établie en fonction de la teneur en vides, mais il faut rappeler qu'aucun paramètre de formulation n'était bloqué et que les régressions ne soulignent que la tendance (Annexe

VIII). Ainsi la contrainte minimale obtenue pour l'AB 16 ne correspond pas à la teneur en vides maximale obtenue pour les couches d'usure. On observe les mêmes tendances quel que soit le mode de fabrication des éprouvettes.

- pour les couches d'enrobé support :

les HMT 25 conduisent à des contraintes en moyenne plus élevées et à des déformations plus fortes que les HMT 32. D'une façon générale, la déformation est plus sensible que la contrainte au changement de type de formulation. Il faut noter la faible déformabilité des AB 16 du même ordre que celle des HMT 32 pour les éprouvettes issues de plaque.

- à 25 °C :

Cette dernière constatation peut se faire également à 25 °C. Les niveaux de contraintes sont relativement peu différents d'un type d'enrobé à l'autre. Cependant le classement n'est pas le même qu'à - 10 °C. Les AB 16s présentent la contrainte moyenne la plus élevée et les AB 6 la plus faible pour les couches d'usure. Les enrobés support conduisent à des valeurs supérieures. Cette observation suit le sens de variation de la teneur en liant confirmé par la régression (Annexe VIII). Pour ce qui concerne la déformation, on constate la tendance inverse, également confirmée par la régression (Annexe VIII).

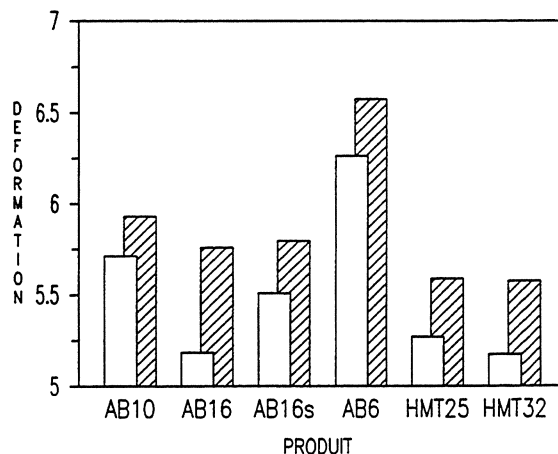
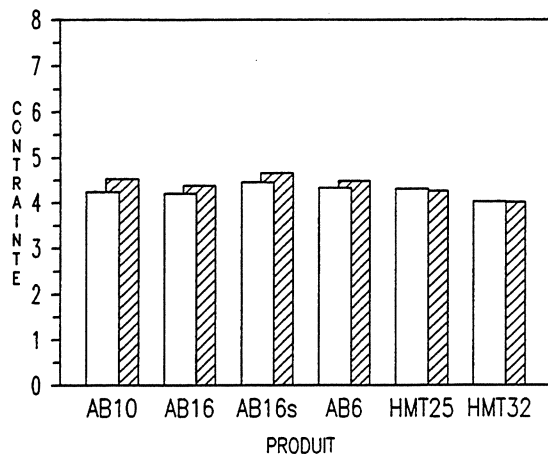
Ces observations sont valables quel que soit le mode de compactage des éprouvettes.

- à 45 °C :

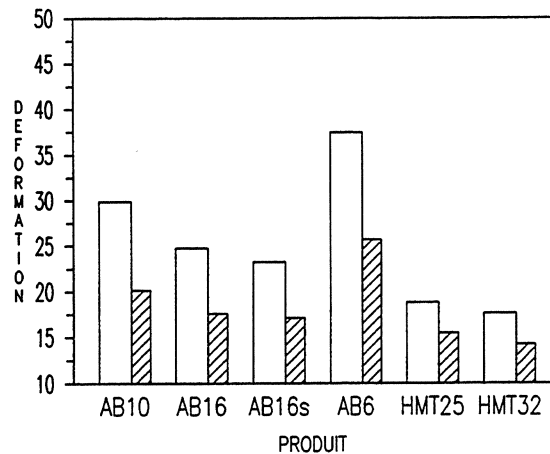
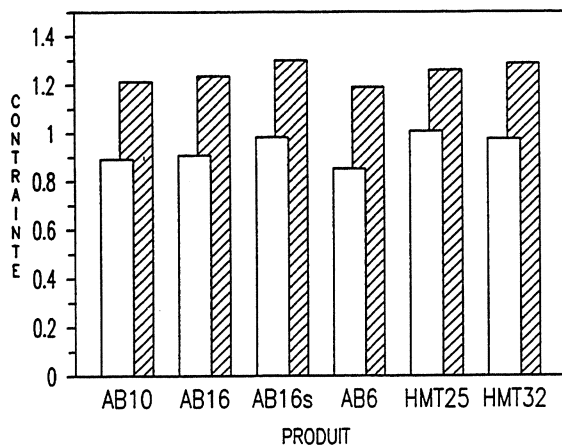
Les niveaux de contrainte et plus particulièrement de déformation deviennent très sensibles à la variation de teneur en liant (régression, annexe VIII); ainsi les AB 6 présentent les contraintes les plus faibles et les déformations les plus fortes. Cependant, pour les HMT, cette observation, bien que conservée globalement par rapport aux enrobés pour couches d'usure, ne s'applique pas entre les HMT 25 et 32. Il faut rappeler les homogénéités différentes des populations et aussi probablement l'incidence d'autres facteurs de formulation. Cette dernière remarque est à relier à l'augmentation des coefficients de variation observés pour les HMT.

Ces tendances peuvent être établies quel que soit le mode de fabrication des corps d'épreuve.

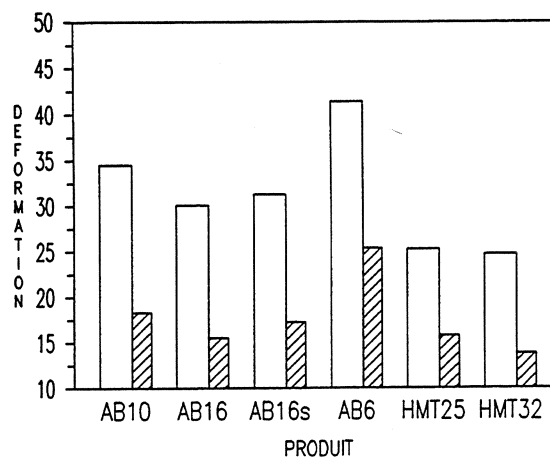
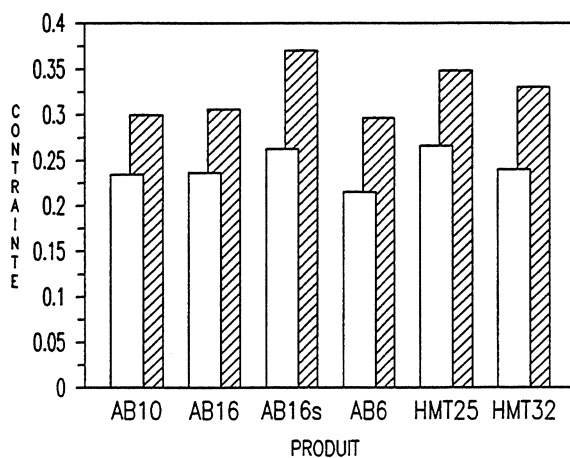
**Comparaison des différents bétons bitumineux
au moyen de l'essai de compression diamétrale**



à - 10 °C



à 25 °C



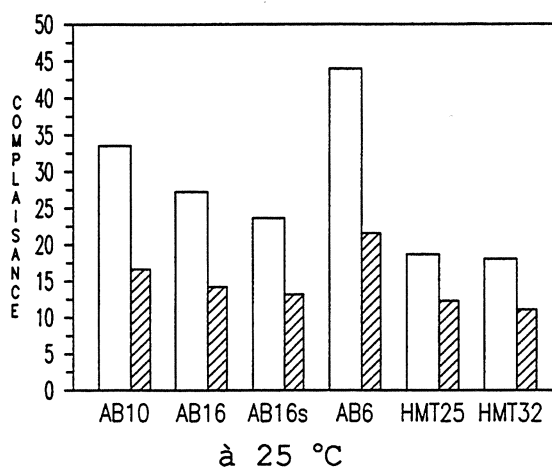
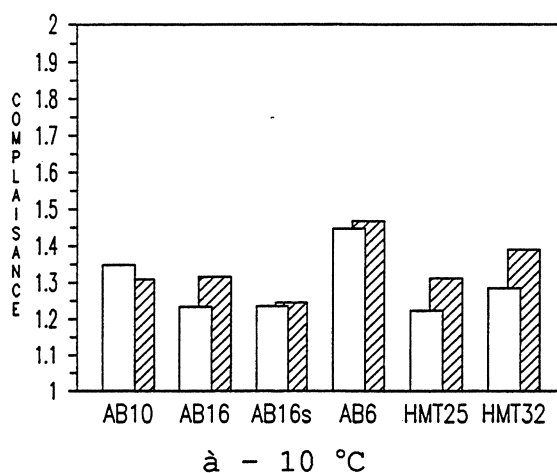
à 45 °C

 EPROUVETTES
ISSUES DE PLAQUES
 EPROUVETTES
MARSHALL

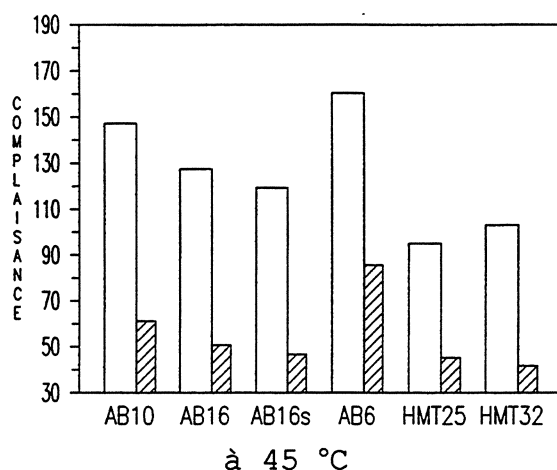
Contrainte [N/mm²] et déformation [10⁻³]

Graphique 19

Comparaison des différents bétons bitumineux normalisés



 EPROUVETTES
ISSUES DE PLAQUES
 EPROUVETTES
MARSHALL



Complaisance [N/mm²]
Graphique 20

Résultats

- Propositions de valeurs limites

Les commentaires et propositions portent uniquement sur les résultats obtenus sur les éprouvettes conformes au mode opératoire, à savoir issues de plaques. Les valeurs caractéristiques sont portées dans le tableau VIII pour l'ensemble des populations testées.

Les histogrammes des répartitions des centrales pour la contrainte et la déformation à - 10, 25 et 45 °C, présentés au chapitre précédent, montrent que 70 % des centrales au moins se trouvent groupées dans un intervalle de plus ou moins un écart-type autour de la moyenne. En conséquence, on peut admettre que les distributions sont normales et que, dans le cadre du contrôle de la qualité des mélanges, tout produit situé dans cet intervalle satisfait à la qualité normalisée.

Dans l'essai de compression diamétrale, le mode de rupture (voir photos, Annexe VI) varie en fonction de la température. A - 10 °C et pour une vitesse de déformation rapide, la rupture de l'éprouvette est très nette, brusque et fragile. La section de rupture laisse apparaître des fractures de granulats. Les contraintes se développent autour des vides dont la forme ne varie pas. Au contraire, à température élevée, soit 45 °C, ces contraintes diminuent, les vides deviennent déformables. Le film de bitume supporte les efforts imposés : la section de rupture apparaît noire et brillante. A 25 °C, on a un mode transitoire entre la rupture fragile et un certain fluage, faisant apparaître une surface de rupture mate devenant peu à peu brillante avec parfois quelques éléments granulaires fracturés. C'est pourquoi, pour la fixation de valeurs limites, il est préférable de se limiter aux deux températures extrêmes. Elles représentent deux modes de rupture bien différenciés, le premier lié au comportement de l'enrobé par temps froid et à la fissurabilité thermique, le second lié aux déformations permanentes, deux risques particulièrement intéressants à estimer au plan national.

En estimant que les normes définissent un enrobé d'un niveau de qualité suffisant pour les utilisations fixées, il paraît raisonnable de proposer :

- comme valeur limite inférieure de la contrainte à la rupture à - 10 °C et 45 °C, la moyenne moins l'écart-type,
- comme valeur limite supérieure pour la déformation à 45 °C, la moyenne plus l'écart-type,
- comme valeur limite inférieure pour l'appréciation du risque de fissurabilité par temps froid, la déformation moyenne moins l'écart-type à - 10 °C.

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

		σ_t N/mm ²			ε_t 10 ⁻³			ε_t/σ_t mm ² /N		
		-10 °C	25 °C	45 °C	-10 °C	25 °C	45 °C	-10 °C	25 °C	45 °C
AB 6	m	4.326	0.849	0.214	6.249	37.079	41.304	1.464	45.903	163.052
	σ	0.415	0.168	0.034	0.700	4.959	3.588	0.278	13.929	60.672
	σ/m	0.096	0.198	0.159	0.112	0.134	0.087	0.190	0.303	0.372
AB 10	m	4.236	0.889	0.234	5.700	29.928	34.454	1.357	35.253	153.918
	σ	8.456	0.170	0.052	0.638	4.132	3.277	0.187	9.462	36.623
	σ/m	0.107	0.191	0.222	0.112	0.138	0.095	0.138	0.268	0.238
AB 16	m	4.203	0.908	0.236	5.184	24.738	30.158	1.244	28.881	134.537
	σ	0.356	0.185	0.053	0.550	4.077	2.649	0.188	9.067	34.127
	σ/m	0.085	0.204	0.225	0.106	0.165	0.088	0.151	0.314	0.254
AB 16s	m	4.457	0.928	0.263	5.507	23.181	31.314	1.248	25.360	127.534
	σ	0.439	0.229	0.065	0.683	3.922	3.388	0.218	9.713	39.191
	σ/m	0.098	0.247	0.247	0.129	0.169	0.108	0.175	0.383	0.307
HMT 25	m	4.303	1.014	0.266	5.278	18.815	25.304	1.233	19.375	103.555
	σ	0.356	0.161	0.068	0.430	3.648	4.769	0.130	6.566	38.844
	σ/m	0.083	0.159	0.256	0.082	0.194	0.189	0.105	0.339	0.375
HMT 32	m	4.023	0.972	0.240	5.173	17.754	24.791	1.207	19.102	108.118
	σ	0.532	0.144	0.048	0.456	3.533	3.246	0.197	7.020	27.973
	σ/m	0.132	0.148	0.200	0.088	0.199	0.131	0.151	0.368	0.259

Tableau VIII
Valeurs caractéristiques des enrobés types
(éprouvettes issues de plaques)

m : valeur moyenne
 σ : écart-type
 σ/m : coefficient de variation

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

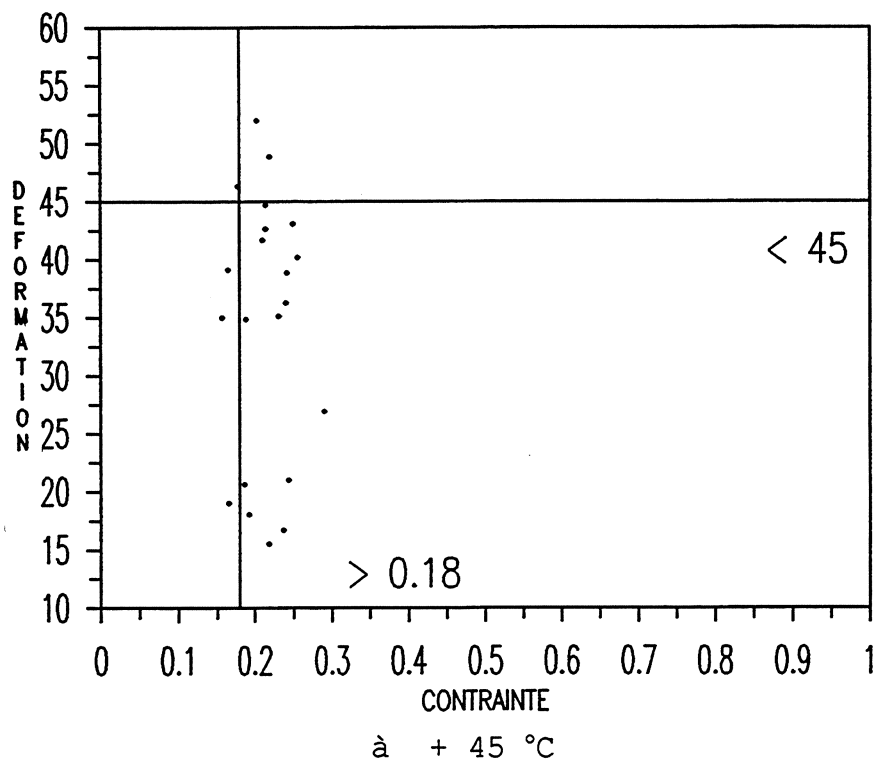
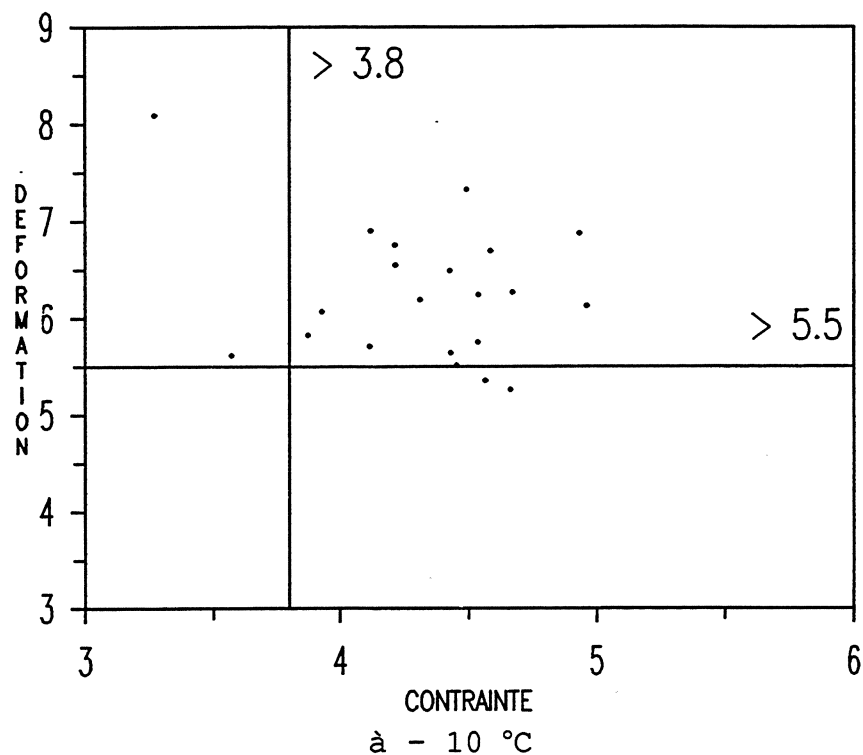
Pour les six types d'enrobés normalisés, les valeurs proposées figurent au tableau IX. Ces valeurs ont été arrondies par rapport à celles des écarts-types figurant dans le tableau VIII pour tenir compte de la précision de l'essai.

Pour plus de commodité, l'ensemble de ces valeurs peut être présenté sous forme de deux graphiques à - 10 et 45 °C pour chaque type d'enrobé normalisé. Les graphiques proposés figurent sur les planches 21 à 26. Ces limites ne peuvent en aucun cas être appliquées brutalement. Il est nécessaire de prendre en compte les conditions climatiques, le tracé et la nature du trafic, notamment pour toutes les formulations présentant des valeurs voisines des limites. Nous avons indiqué dans le tableau X les centrales ayant fourni des matériaux pouvant présenter un léger risque dans certaines de ces conditions, au vu des valeurs limites proposées.

Type d'enrobé	Contrainte à la rupture à (N.mm ²)		Déformation à la rupture à (10 ⁻³)	
	- 10 °C	45 °C	- 10 °C	45 °C
AB 6	> 3.8	> 0.18	> 5.5	< 45
AB 10	> 3.8	> 0.18	> 5.0	< 38
AB 16	> 3.8	> 0.18	> 4.6	< 34
AB 16s	> 4.0	> 0.20	> 4.8	< 34
HMT 25	> 4.0	> 0.20	> 4.8	< 30
HMT 32	> 3.5	> 0.19	> 4.7	< 28

Tableau IX
*Valeurs limites proposées pour l'étude de
formulation en laboratoire*

AB 6

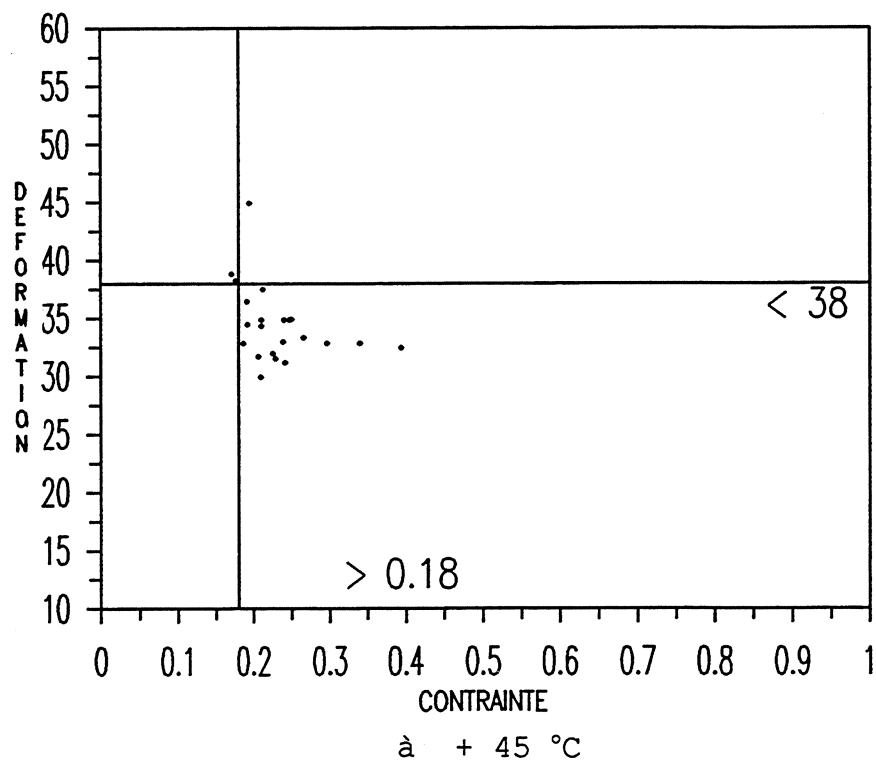
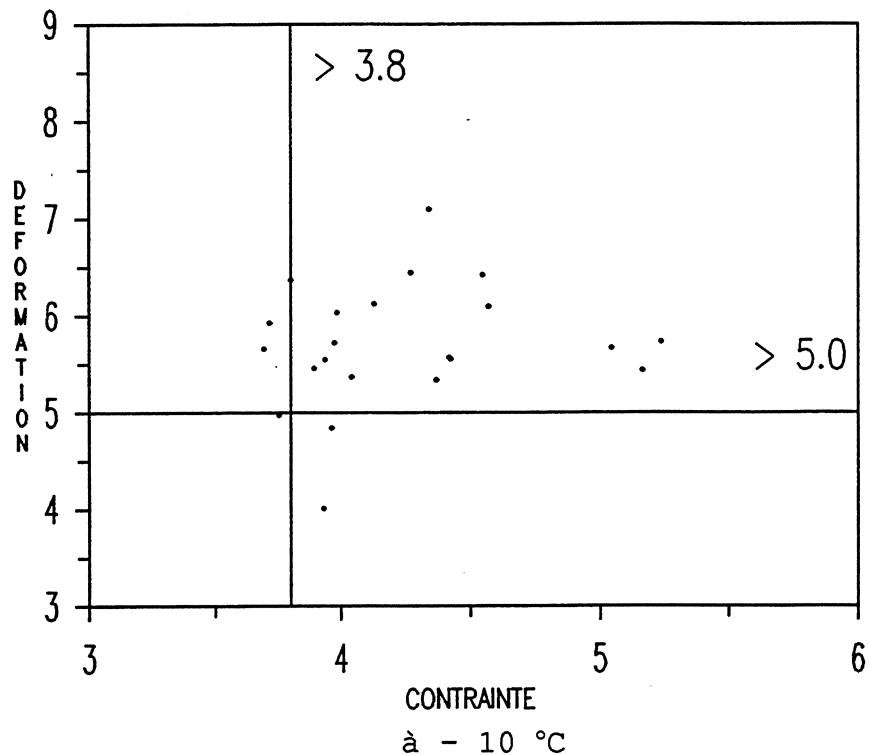


Valeurs limites proposées
contrainte $[N/mm^2]$ et déformation $[10^{-3}]$

Graphique 21

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

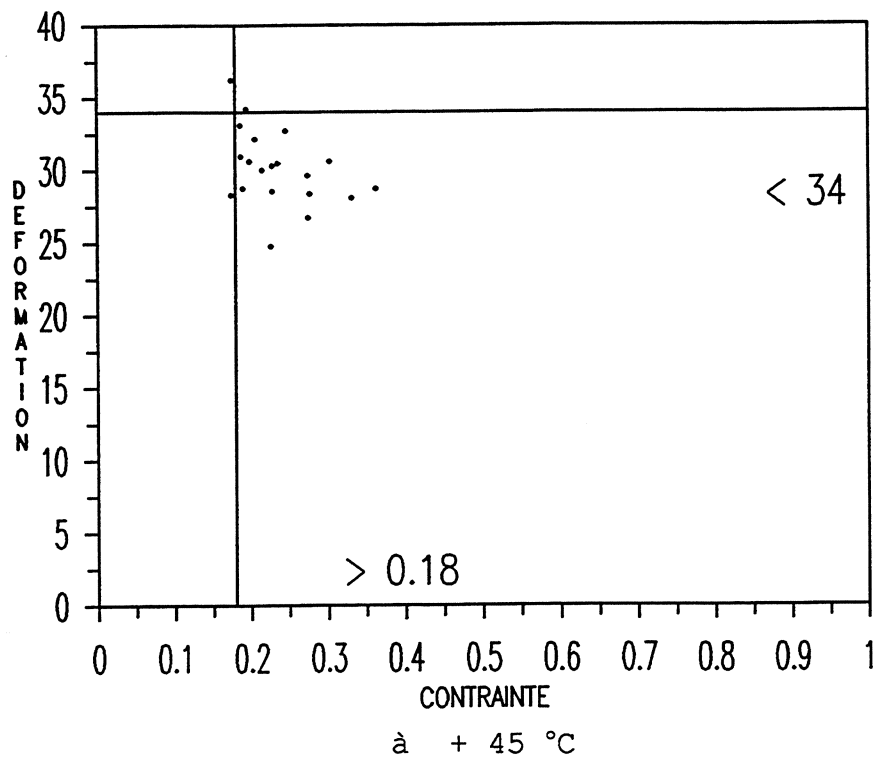
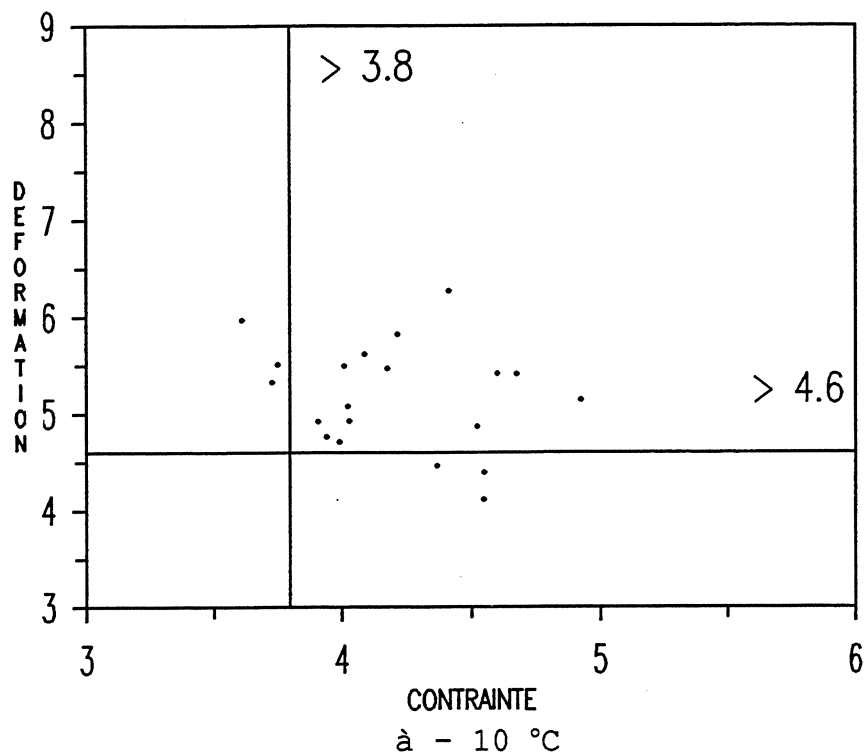
AB 10



*Valeurs limites proposées
contrainte [N/mm²] et déformation [10⁻³]*

Graphique 22

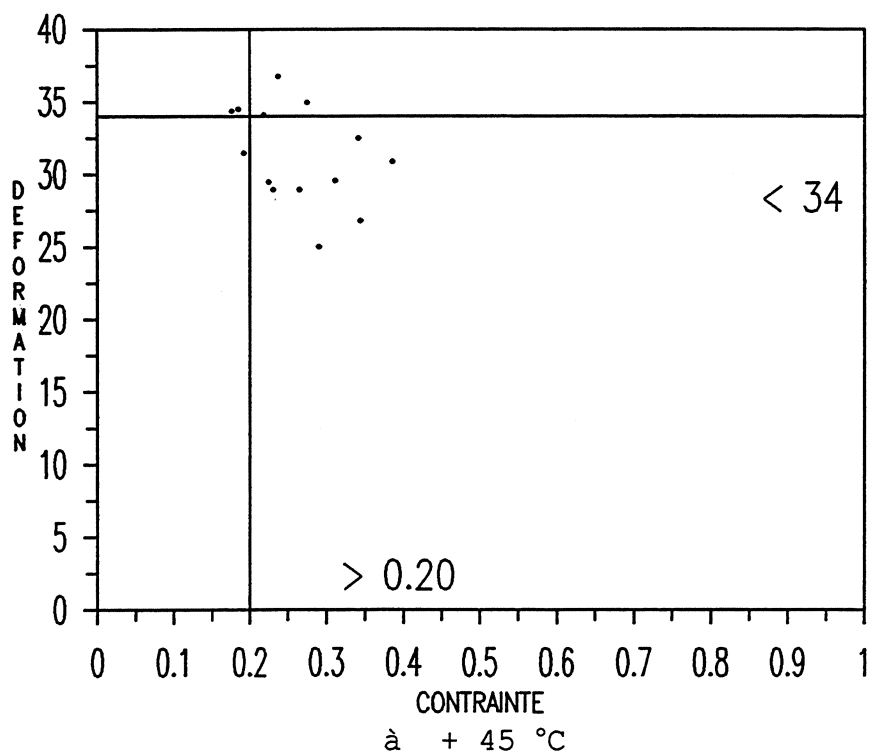
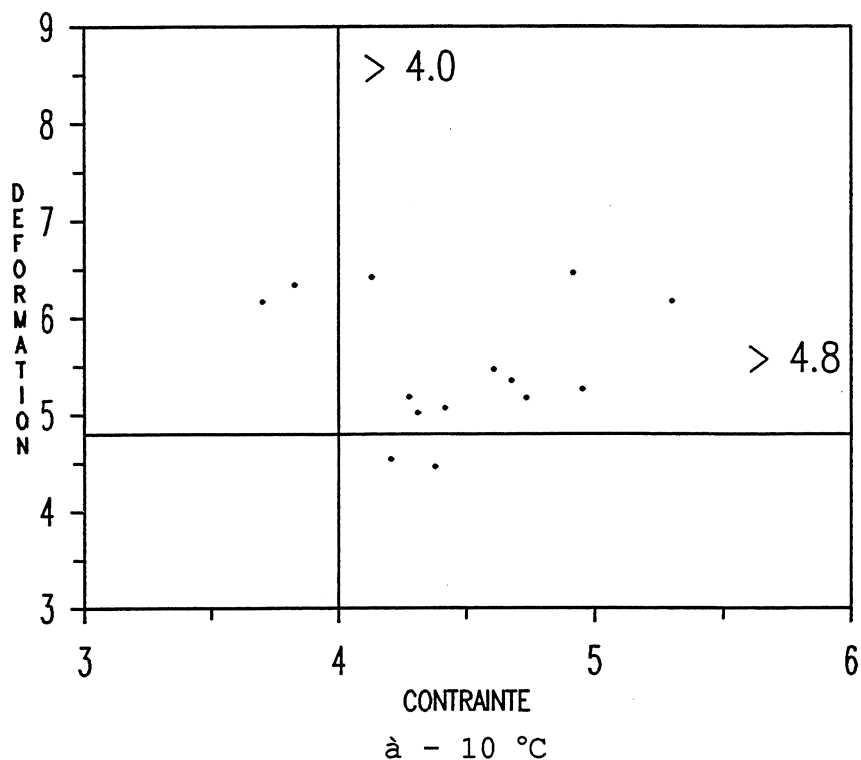
AB 16



Valeurs limites proposées
contrainte $[N/mm^2]$ et déformation $[10^{-3}]$

Graphique 23

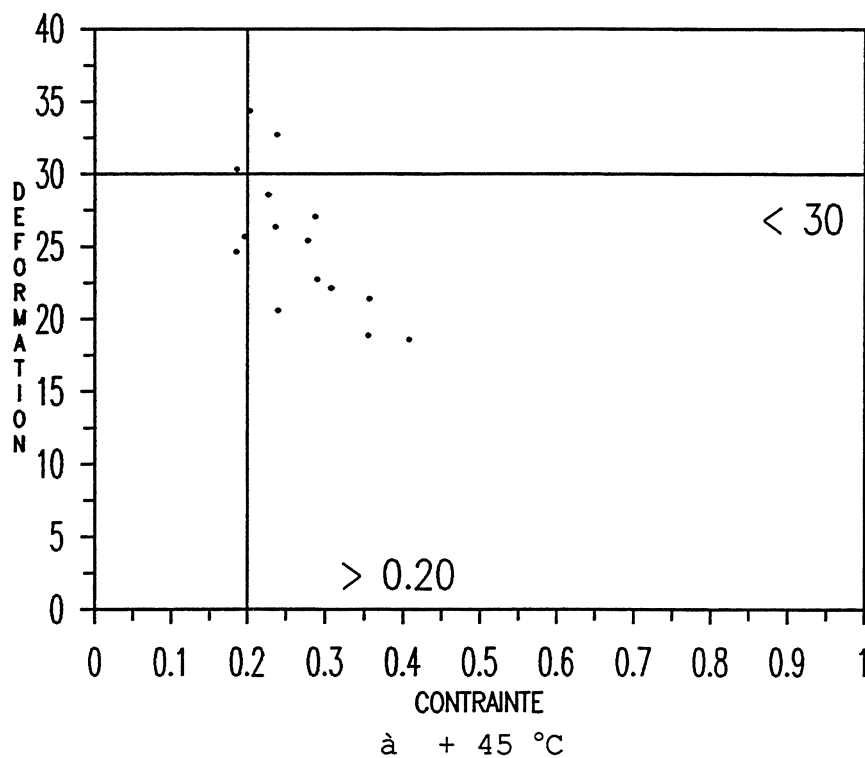
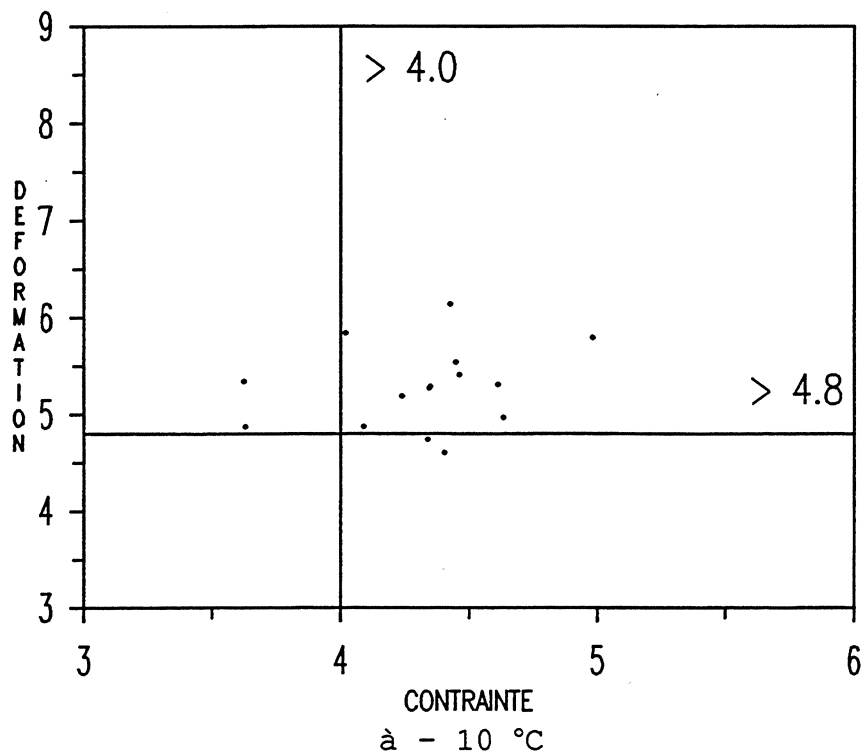
AB 16s



Valeurs limites proposées
contrainte $[N/mm^2]$ et déformation $[10^{-3}]$

Graphique 24

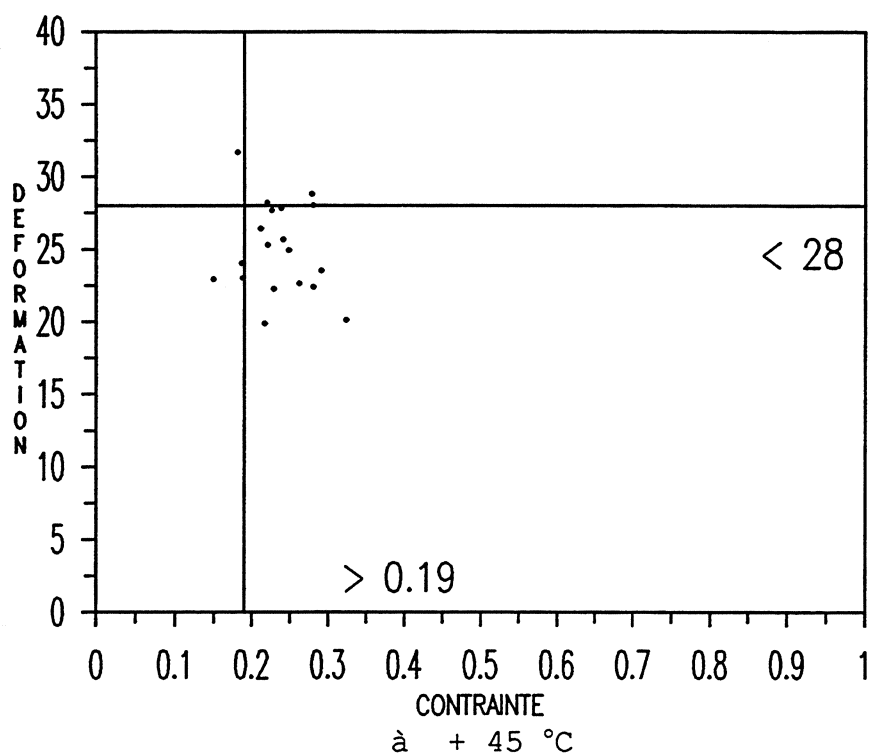
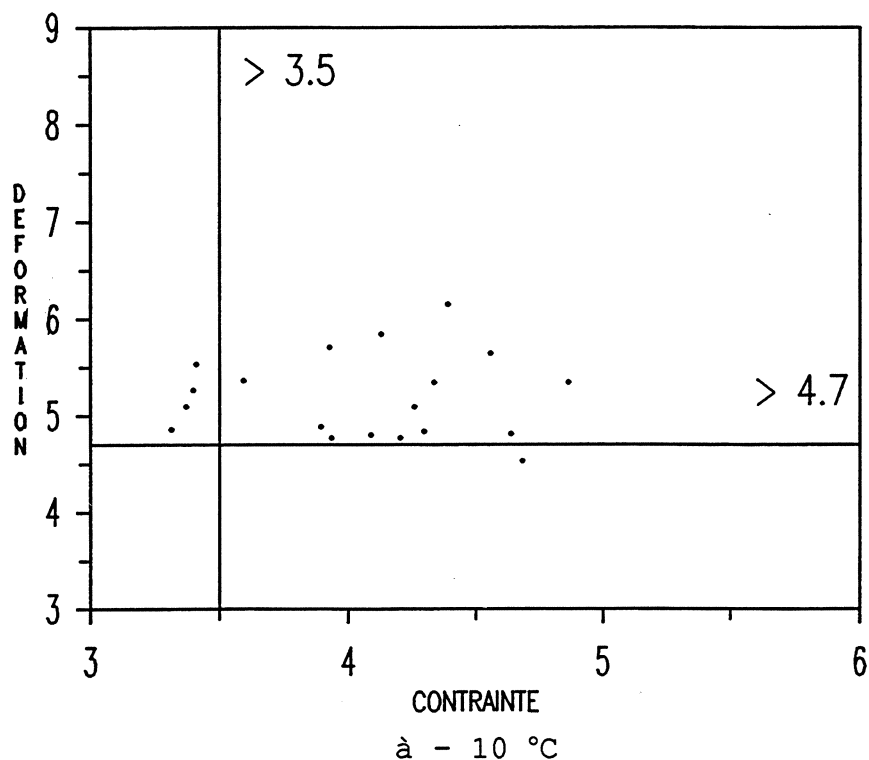
HMT 25



Valeurs limites proposées
contrainte $[N/mm^2]$ et déformation $[10^{-3}]$

Graphique 25

HMT 32



Valeurs limites proposées
contrainte $[N/mm^2]$ et déformation $[10^{-3}]$

Graphique 26

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Type d'enrobé	Contrainte à la rupture à (N.mm ²)		Déformation à la rupture à	
	- 10 °C	45 °C	- 10 °C	45 °C
AB 6	M	M		P, W
AB 10		O	A	A
AB 16	M		B	X
AB 16s	M		D, E	G
HMT 25				N, L
HMT 32	D		D	O

Tableau X
Enrobés pouvant présenter un certain risque

IV. CONCLUSIONS

L'essai de compression diamétrale, dont le principe correspond à un essai de traction indirecte, présente un intérêt certain pour l'ingénieur routier. La connaissance de la résistance à la traction d'un enrobé est essentielle. Le passage de véhicules engendre d'importantes contraintes en traction à la base des couches de surface, notamment dans les chaussées souples. Tout dépassement de la limite admissible conduit inévitablement à la fissuration, entraînant rapidement la dégradation de l'enrobé. Par ailleurs, le développement des contraintes thermiques engendre également des contraintes de même nature dans les enrobés de surface, plus particulièrement lors de l'apparition brutale de basses températures.

L'étude menée par le LAVOC a permis de caractériser de ce point de vue les différents produits normalisés, selon l'ancienne norme SNV 640 431, des centrales d'enrobage suisses. Il serait nécessaire de la compléter par une analyse de l'incidence des différents paramètres de formulation pour affiner les valeurs limites proposées pour les différents types d'enrobés et pour justifier les différents critères de qualité pris en compte. Il faut noter que les critères retenus, contrainte et déformation à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, sont ceux préconisés par le Centre de Recherches Routières de Bruxelles (Réf. 4) qui a, en outre, introduit une limite liée à la complaisance mais cela en relation avec les problèmes rencontrés sur les chantiers d'où étaient issues les carottes testées. Il serait donc sans doute très souhaitable d'approfondir les liaisons existant entre les paramètres de formulation et les constatations in situ pour mieux étayer les critères de qualité choisis.

Dans le cas d'une application à des procédés spéciaux, il y aurait lieu de modifier ces valeurs pour les adapter au mieux à l'objectif visé. Cela est réalisé en partie par certains services cantonaux qui imposent des valeurs minimales de contrainte à la rupture à -10 et $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$, pour les AB 16s et les enrobés modifiés.

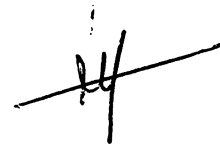
Notons que l'étude présentée a été effectuée uniquement sur des corps d'épreuve fabriqués en laboratoire à partir d'enrobés prélevés en centrale. Les résultats obtenus sur la comparaison avec des éprouvettes type Marshall a mis en évidence le risque qu'il y aurait à utiliser ce mode de compactage, aucune corrélation n'ayant pu être dégagée. Par contre, une étude plus récente effectuée comparativement sur des éprouvettes conformes au mode opératoire et sur des carottes de chantier, à partir d'une même fabrication de centrale et sur seize variantes de formulation, a mis en évidence une bonne corrélation des résultats à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, un peu inférieure à $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ avec une modification du niveau des valeurs en contrainte et déformation.

Il est donc tout à fait envisageable d'appliquer l'essai de com-

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

pression diamétrale à un contrôle du matériau fini, en intégrant ainsi non seulement l'influence des paramètres de composition, mais également celle de la fabrication et de la mise en oeuvre. Cependant, cela nécessiterait des études complémentaires permettant de déterminer l'incidence du mode de compactage de chantier et celle de l'élancement de la carotte sur le niveau des performances.

La norme SNV 640 431 ayant évolué entre-temps pour tenir compte de l'utilisation de tamis à mailles carrées en remplacement des passoires, il serait nécessaire de refaire un calage avec les nouvelles formulations (Réf. 3).



M. Huet



C. Rohr

Lausanne, le 29 novembre 1991

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. A.-H. Assef-Vaziri; M.L. Pigois; A.-G. Dumont. Mandat de recherche OFR 27/81.
"Essai de compression diamétrale appliqué aux enrobés hydrocarbonés"
2. Norme SNV 640 431, abrogée en 1988
"Tapis et couches de support hydrocarbonés à chaud"
3. Norme SNV 640 431a, valable dès mai 1988
"Revêtements en béton bitumineux"
4. J. Huet; J. Verstraeten. Centre de Recherches Routières, Belgique.
"Etude de résultats d'essai de compression diamétrale sur revêtements routiers". Eurobitume 1985.

A N N E X E S

- I. PRINCIPE DU COMPACTEUR DE PLAQUES
MODE OPERATOIRE DE L'ESSAI
- II. RESULTATS AB 6
- III. RESULTATS AB 10
- IV. RESULTATS AB 16
- V. RESULTATS AB 16s
- VI. RESULTATS HMT 25
- VII. RESULTATS HMT 32
- VIII. PHOTOS
- IX. DROITES DE REGRESSION SUR L'ENSEMBLE DES POPULATIONS

A N N E X E I.

PRINCIPE DU COMPACTEUR DE PLAQUES
MODE OPERATOIRE DE L'ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE

COMPACTEUR DE PLAQUE LPC

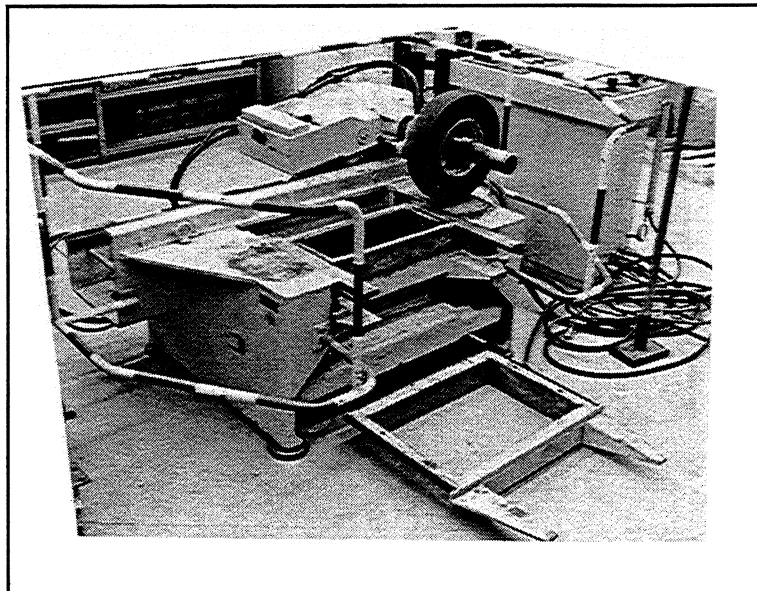
PRINCIPE

Le compacteur de plaques est un appareil de laboratoire destiné à la fabrication de plaques de béton bitumineux au moyen d'une roue équipée d'un pneu pour les plaques de petites dimensions, et d'un jumelage pour les grandes (photo ci-dessous).

Les paramètres contrôlés sont : l'effort vertical par roue, la pression du ou des pneus, le nombre de passages et le plan de balayage.

Différentes procédures de compactage ont été mises au point en fonction de la formulation et des dimensions des plaques.

Les plaques ainsi fabriquées peuvent être utilisées directement pour différents essais, en particulier l'essai d'orniérage au simulateur de trafic LPC. Elles peuvent également être sciées ou carottées pour obtenir des éprouvettes utilisées par exemple pour les essais de fatigue, module, traction, compression diamétrale, fluage statique ou dynamique.



MODE OPERATOIRE DE L'ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE (projet)

1. BUT DE L'ESSAI

L'essai a pour but de déterminer la résistance à la traction indirecte d'un béton bitumineux en mesurant la contrainte à la rupture par fendage et la déformation diamétrale d'une éprouvette cylindrique dans la gamme des températures de service.

2. APPAREILLAGE

L'appareillage se compose des éléments suivants :

- une enceinte réfrigérée dont le système de régulation et de brassage de l'air permet d'assurer une température constante de -10 ± 1 °C dans l'intégralité de l'enceinte;
- une étuve dont le système de régulation et de brassage de l'air permet d'assurer une température constante à ± 1 °C dans l'intégralité de l'enceinte réglée successivement à 25 °C puis à 45 °C;
- une presse de compression d'une capacité de 100 kN permettant de maintenir à $\pm 0,1$ mm.min près une vitesse de déformation de 0,48 min ou 0,18 mm.min lors de l'application de la charge. La vitesse de réponse doit permettre de mesurer la valeur maximale de la charge au moment de la rupture avec une précision de ± 10 N;
- un système de mesure du déplacement vertical permettant une mesure à 0,01 mm près;
- un système de mesure de la déformation horizontale du diamètre de l'éprouvette permettant une mesure à 0,001 mm à -10 °C et à 0,01 mm près, à +25 °C et à +45 °C.

Note : A basse température (-10 °C), la valeur du déplacement horizontal est très faible (ΔH est de l'ordre de 0,01 mm). Le moindre frottement entre l'éprouvette et les dispositifs de mesure du déplacement horizontal faussera la valeur de mesure. Les dispositifs de mesure des déplacements seront donc montés de telle sorte qu'il n'y ait pas de frottement mécanique, ils seront ajustés à zéro lorsque l'échantillon est placé entre les plateaux de la presse pour être écrasé par compression diamétrale.

3. PREPARATION DES EPROUVETTES

L'essai est effectué en laboratoire sur des éprouvettes cylindriques carottées dans des plaques confectionnées au compacteur de plaques à pneumatiques.

3.1. Séchage des éprouvettes

L'essai est effectué sur des éprouvettes sèches. Le séchage s'effectue à la température du laboratoire, dans un courant d'air, jusqu'à masse constante à 0,2 g près.

3.2. Caractéristiques des éprouvettes

Le diamètre et la hauteur de l'éprouvette sont de 100 mm. L'élancement est donc de 1.

3.2.1 Mesure du diamètre

On effectue 4 mesures du diamètre réparties sur la périphérie. Chaque mesure, décalée de 90°, est faite avec une précision de 0,1 mm. Le diamètre moyen est la moyenne arithmétique des 4 mesures. L'écart entre deux mesures individuelles ne doit pas dépasser 1 mm.

3.2.2 Mesure de la hauteur

La hauteur de l'éprouvette est mesurée avec une précision de 0,1 mm en quatre points décalés de 90° sur une circonférence ayant un rayon inférieur de 10 mm au rayon de l'éprouvette. La hauteur moyenne est la moyenne arithmétique des quatre mesures. L'écart entre deux mesures ne peut dépasser 5 % de la hauteur moyenne, mais 5 mm au maximum.

3.2.3 Masse volumique apparente - Teneur en vides

Après les mesures, les éprouvettes sont soumises à une pesée hydrostatique pour la détermination de la masse volumique apparente afin d'effectuer le calcul de la teneur en vides en prenant en compte la masse volumique réelle des constituants.

4. TEMPERATURE DE L'ESSAI

L'essai s'effectue à -10, +25 et +45 °C à ± 1 °C. D'autres températures peuvent être retenues pour des applications particulières.

4.1. Temps de mise en température

Avant l'essai de compression diamétrale, les éprouvettes sont amenées à la température d'essai par un séjour dans une enceinte climatique. La mise en température s'effectue en 6 heures. Pour l'essai à 45 °C, les éprouvettes ne doivent pas séjourner plus longtemps dans l'enceinte.

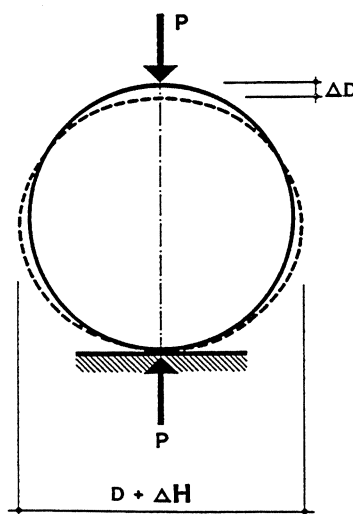
5. VITESSE DE DEPLACEMENT

Les vitesses de déformation sont les suivantes :

- 10 °C	18 $\pm$ 0,1 mm/min
+ 25 °C	48 $\pm$ 0,1 mm/min
+ 45 °C	48 $\pm$ 0,1 mm/min

6. MODE D'APPLICATION DE LA CHARGE

Pour l'exécution de l'essai, il est préférable d'écraser l'éprouvette entre les plateaux de la presse sans utiliser de barres de chargement. Le principe figure sur le schéma ci-après:



$$\sigma_T = \frac{2P}{\pi \cdot h \cdot D}$$

$$\varepsilon_T = \frac{\Delta D}{D}$$

$$CT = \frac{P}{h \cdot \Delta D}$$

7. EXECUTION DE L'ESSAI

- Amener l'éprouvette à la température d'essai,
- retirer l'éprouvette de l'enceinte climatique et la placer entre les plateaux de la presse de telle sorte que la surface latérale de l'éprouvette soit en contact avec les plateaux suivant deux génératrices opposées,
- régler les dispositifs de mesure des déplacements vertical et horizontal,
- appliquer la charge à l'éprouvette en maintenant la vitesse de déformation constante jusqu'à la rupture,
- enregistrer les valeurs de la charge et des déplacements au cours de l'essai et cela jusqu'à la rupture.

Note : Le temps écoulé entre le moment de la sortie de l'éprouvette de l'enceinte climatique et celui de la détermination de la charge de rupture ne doit pas dépasser 30 secondes.

8. PROCES-VERBAL DE L'ESSAI

Le procès-verbal doit présenter les éléments suivants:

Caractéristiques du béton bitumineux:

- Type
- Composition et nature des constituants
- Teneur en vides

Résultats de l'essai

- hauteur h de l'éprouvette à 0,1 mm près,
- diamètre D de l'éprouvette à 0,1 mm près,
- température d'essai,
- vitesse de déplacement de la presse en mm/min
- charge maximale P en N ou kN à 10 N près,
- la valeur de la contrainte $\sigma_T = 2P/\eta h d$ [N/mm²] à 0,01 N/mm² près pour les essais à -10 °C et à 0,001 N/mm² pour les essais à +25 et +45 °C,
- le déplacement vertical ΔD en mm à 0,01 mm près,
- la valeur de $\Delta D/D$ à 0,0001 près pour les essais à -10 °C et à 0,001 près pour les essais à +25 et +45 °C,
- le déplacement horizontal ΔH en mm à 0,001 mm près pour les essais à -10 °C et à 0,01 mm près pour les essais à +25 et +45 °C,
- le coefficient de traction en [N/mm²]: $C_T = P/h.\Delta D$.

A N N E X E II.

RESULTATS AB 6

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT										
PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	MVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)	
A		CONCASSES	2.418	7.20	4.55	1.07	8.34	48.85	42.81	
B		CONCASSES	2.438	6.63	4.03	1.44	10.23	52.27	37.50	
C										
D1	B 80/100	CONCASSES	2.429	6.88	4.65	0.71	5.25	45.79	48.96	
D2										
E		CONCASSES	2.444	6.47	3.92	1.52	10.49	54.36	35.15	
F		CONCASSES	2.413	7.33	4.57	1.15	9.09	53.66	37.25	
G	B 120/150	CONCASSES	2.438	6.64	4.12	1.31	9.29	42.70	48.01	
H	B 80/100		2.427	6.92	4.22	1.46	10.86	51.11	38.03	
I		CONCASSES	2.459	6.05	3.84	1.17	7.51	54.29	38.20	
J		CONCASSES	2.419	7.16	4.38	1.33	10.26	56.63	33.11	
K		CONCASSES	2.418	6.90	4.16	1.48	10.99	55.14	33.87	
L	B 80/100	CONCASSES	2.432	6.79	4.20	1.32	9.60	45.98	44.42	
M		CONCASSES	2.427	6.93	4.44	1.03	7.66	58.45	33.89	
N	80/100 S		2.435	6.71	4.12	1.37	9.85	49.54	40.61	
O										
P	B 80/100	CONCASSES	2.449	6.32	3.75	1.71	11.56	45.89	42.55	
Q										
R	B 80/100	CONCASSES	2.433	6.78	4.12	1.45	10.55	56.16	33.29	
S	B 80/100	CONCASSES	2.418	7.18	4.57	1.04	8.07	52.65	39.28	
T										
U	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.427	6.94	4.33	1.18	8.77	50.36	40.87	
V										
W	B 80/100	CONCASSES	2.434	6.75	4.02	1.65	11.94	46.45	41.61	
X	B 80/100	CONCASSES	2.431	6.82	4.16	1.41	10.32	51.03	38.65	
Y		CONCASSES	2.426	6.96	4.36	1.16	8.68	52.75	38.57	
Z	B 80/100	CONCASSES	2.435	6.72	4.13	1.35	9.72	51.02	39.26	

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : AB6
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (-10 DEGRES)				MCD (-10 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (MM)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	3.45	3.927	6.070	1.546	3.48	4.497	5.860	1.303	3.24	11.17	4.02	2.77
B	3.04	4.961	6.130	1.236	3.41	4.487	6.190	1.380	3.44	9.90	4.05	2.44
C												
D1	6.08	3.571	5.620	1.574	5.40	3.918	6.020	1.536	5.45	9.67	2.20	4.40
D2												
E	5.00	4.585	6.620	1.444	4.03	4.570	6.740	1.475	4.34	10.72	2.75	3.90
F	2.33	4.450	5.510	1.238	2.92	4.359	7.040	1.615	3.00	9.58	3.95	2.42
G	3.20	4.664	5.260	1.128	2.64	4.351	7.690	1.767	2.69	8.49	3.67	2.31
H	3.03	4.535	5.750	1.268	2.66	4.617	7.070	1.531	2.98	9.09	4.22	2.15
I	8.65	3.872	5.820	1.503	8.49	3.687	6.250	1.695	8.36*	10.13	2.27	4.45
J	3.23	4.673	6.270	1.342	3.24	4.916	5.910	1.202	2.89	11.74	4.10	2.86
K	4.47	4.491	7.330	1.632	3.94	4.923	6.790	1.379	4.04	11.41	4.20	2.72
L	4.81	4.212	6.750	1.603	3.72	4.400	7.170	1.630	3.83	8.95	3.82	2.34
M	7.73	3.270	8.090	2.474	7.17	3.940	7.330	1.860	6.54	10.54	2.67	3.94
N	4.71	4.308	6.240	1.448	3.85	4.405	6.870	1.560	4.08	9.60	3.35	2.87
O												
P	2.14	4.565	5.350	1.172	2.60	4.630	7.170	1.549	2.35	8.50	4.77*	1.78*
Q												
R	5.13	4.422	6.490	1.468	4.52	4.640	6.280	1.353	4.61	10.39	2.95	3.52
S	5.24	4.114	5.710	1.388	4.73	4.518	5.460	1.208	4.63	11.26	3.05	3.69
T												
U	2.85	4.426	5.640	1.274	3.04	4.436	6.710	1.513	3.37	8.51	3.87	2.20
V												
W	2.96	4.934	6.880	1.394	2.78	5.179	5.910	1.141	2.71	11.14	4.85	2.30
X	4.53	4.538	6.240	1.375	3.95	4.783	6.200	1.296	3.89	10.50	3.25	3.23
Y	4.51	4.118	6.900	1.676	4.80	4.375	7.090	1.621	4.15	11.73	3.02	3.88
Z	3.59	4.212	6.550	1.555	4.08	4.490	6.300	1.403	3.04	10.57	3.70	2.86
MOYENNE	4.32	4.326	6.249	1.464	4.07	4.482	6.574	1.477				
ECART TYPE	1.67	0.415	0.700	0.278	1.48	0.342	0.589	0.190				
MAX	8.65	4.961	8.090	2.474	8.49	5.179	7.690	1.860				
MIN	2.14	3.270	5.260	1.128	2.60	3.687	5.460	1.141				

Tableau 2

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

**CARACTERISTIQUES MECANIKQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)**

TYPE D'ENROBE : AB6

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)				MCD (+25 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	2.85	0.878	42.870	48.827	3.16	1.274	27.760	21.790	3.24	11.17	4.02	2.77
B	3.03	0.743	40.280	54.213	3.47	0.951	31.840	33.481	3.44	9.90	4.05	2.44
C												
D1	6.21	0.856	33.280	38.879	5.38	1.229	19.860	16.159	5.45	9.67	2.20	4.40
D2												
E	4.89	0.850	33.620	39.553	4.14	1.176	23.140	19.677	4.34	10.72	2.75	3.90
F	2.55	0.864	33.830	39.155	2.93	1.140	30.860	27.070	3.00	9.58	3.95	2.42
G	3.11	0.528	44.150	83.617	2.78	0.784	28.890	36.849	2.69	8.49	3.67	2.31
H	2.83	0.729	40.790	55.953	2.88	1.061	31.510	29.698	2.98	9.09	4.22	2.15
I	8.71	0.914	23.870	26.116	8.54	1.392	17.400	12.500	8.36*	10.13	2.27	4.45
J	3.15	1.089	34.380	31.570	3.25	1.392	25.200	18.103	2.89	11.74	4.10	2.86
K	4.25	0.928	32.560	35.086	3.99	1.212	23.230	19.167	4.04	11.41	4.20	2.72
L	4.71	0.660	45.860	69.485	3.93	1.018	26.750	26.277	3.83	8.95	3.82	2.34
M	7.04	0.714	39.030	54.664	6.66	1.201	21.850	18.193	6.54	10.54	2.67	3.94
N	4.21	0.782	36.830	47.097	3.90	1.058	28.720	27.146	4.08	9.60	3.35	2.87
O												
P	2.15	0.738	43.310	58.686	2.65	1.167	30.690	26.298	2.35	8.50	4.77*	1.78*
Q												
R	5.33	0.851	39.560	46.486	4.52	1.241	25.110	20.234	4.61	10.39	2.95	3.52
S	5.13	1.364	34.980	25.645	5.00	2.013	20.470	10.169	4.63	11.26	3.05	3.69
T												
U	2.92	0.879	33.760	38.407	2.94	1.198	28.390	23.698	3.37	8.51	3.87	2.20
V												
W	2.79	0.899	35.790	39.811	2.78	1.267	24.020	18.958	2.71	11.14	4.85	2.30
X	4.33	0.920	36.250	39.402	3.87	1.099	25.200	22.930	3.89	10.50	3.25	3.23
Y	4.65	0.721	37.660	52.233	4.29	0.943	24.800	26.299	4.15	11.73	3.02	3.88
Z	4.26	0.921	36.000	39.088	3.93	1.179	25.200	21.374	3.04	10.57	3.70	2.86
MOYENNE	4.24	0.849	37.079	45.903	4.05	1.190	25.757	22.670				
ECART TYPE	1.63	0.168	4.959	13.929	1.43	0.238	3.983	6.456				
MAX	8.71	1.364	45.860	83.617	8.54	2.013	31.840	36.849				
MIN	2.15	0.528	23.870	25.645	2.65	0.784	17.400	10.169				

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : AB6
CARACTERISTIQUES MECANIKES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)				MCD (+45 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	3.12	0.214	44.620	208.505	3.31	0.271	22.020	81.255	3.24	11.17	4.02	2.77
B	3.14	0.192			3.44	0.211	32.920	156.019	3.44	9.90	4.05	2.44
C												
D1	6.18	0.218			5.37	0.316	14.820	46.899	5.45	9.67	2.20	4.40
D2												
E	4.95	0.237			4.11	0.312	20.720	66.410	4.34	10.72	2.75	3.90
F	2.46	0.244			2.87	0.283	27.410	96.855	3.00	9.58	3.95	2.42
G	3.16	0.165			2.71	0.172	22.160	128.837	2.69	8.49	3.67	2.31
H	2.93	0.187			2.70	0.263	30.820	117.186	2.98	9.09	4.22	2.15
I	8.66	0.290			8.48	0.438	17.970	41.027	8.36*	10.13	2.27	4.45
J	3.20	0.249	43.100	173.092	3.25	0.304	24.980	82.171	2.89	11.74	4.10	2.86
K	4.36	0.255	40.190	157.608	3.78	0.325	24.930	76.708	4.04	11.41	4.20	2.72
L	4.73	0.178	46.320	260.225	4.00	0.233	23.210	99.614	3.83	8.95	3.82	2.34
M	7.34	0.156	35.010	224.423	6.69	0.376	19.560	52.021	6.54	10.54	2.67	3.94
N	4.45	0.214	42.650	199.299	3.87	0.228	24.000	105.263	4.08	9.60	3.35	2.87
O												
P	2.14	0.203	51.580	254.089	2.63	0.267	40.260	150.787	2.35	8.50	4.77*	1.78*
Q												
R	5.24	0.231	35.150	152.165	4.52	0.272	18.490	67.978	4.61	10.39	2.95	3.52
S	5.17	0.240	36.270	151.125	4.88	0.437	19.320	44.211	4.63	11.26	3.05	3.69
T												
U	3.06	0.241	38.880	161.328	2.98	0.278	29.900	107.554	3.37	8.51	3.87	2.20
V												
W	2.85	0.220	48.790	221.773	2.78	0.416	28.790	69.207	2.71	11.14	4.85	2.30
X	4.34	0.165	39.150	237.273	3.91	0.265	21.040	79.396	3.89	10.50	3.25	3.23
Y	4.58	0.189	34.870	184.497	4.52	0.240	18.090	75.375	4.15	11.73	3.02	3.88
Z	4.38	0.210	41.670	198.429	3.92	0.379	29.160	76.939	3.04	10.57	3.70	2.86
MOYENNE	4.31	0.214	34.100	163.052	4.03	0.299	24.313	86.748				
ECART TYPE	1.63	0.034	11.451	60.672	1.43	0.073	6.088	32.280				
MAX	8.66	0.290	51.580	260.225	8.48	0.438	40.260	156.019				
MIN	2.14	0.156	15.520	70.506	2.63	0.172	14.820	41.027				

Tableau 4

A N N E X E III.

RESULTATS AB 10

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

TYPE D'ENROBE : AB 10		CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT									
PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	MVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)		
A		CONCASSES	2.456	6.14	3.81	1.44	9.39	38.32	52.29		
B		CONCASSES	2.472	5.69	3.61	1.32	7.98	39.81	52.21		
D1	B 80/100	CONCASSES	2.461	5.99	3.98	0.96	6.12	36.98	56.90		
D2											
E		CONCASSES	2.473	5.65	3.60	1.29	7.72	44.40	47.88		
F		CONCASSES	2.453	6.22	4.03	1.06	7.06	43.57	49.37		
G	B 80/100	CONCASSES	2.460	6.01	3.95	1.04	6.67	38.79	54.54		
H	TB 600/1100		2.455	6.13	3.85	1.38	9.00	42.41	48.59		
I		CONCASSES	2.461	5.99	3.90	1.10	7.01	40.36	52.63		
J		CONCASSES	2.450	6.28	3.98	1.22	8.19	44.37	47.44		
K		CONCASSES	2.472	5.70	3.57	1.40	8.44	46.80	44.76		
L	B 80/100	CONCASSES	2.472	5.69	3.65	1.26	7.60	38.49	53.91		
M		CONCASSES	2.462	5.96	3.83	1.20	7.63	40.69	51.68		
N											
O		CONCASSES	2.465	5.87	3.75	1.25	7.78	39.81	52.41		
P	B 80/100	CONCASSES	2.475	5.60	3.34	1.78	10.57	40.29	49.14		
Q											
R	B 80/100	CONCASSES	2.440	6.57	4.09	1.31	9.24	44.20	46.56		
S	B 80/100	CONCASSES	2.453	6.22	3.91	1.28	8.50	42.04	49.46		
T											
U	B 80/100	CONCASSES	2.462	5.97	3.58	1.79	11.38	36.85	51.77		
V											
W	B 80/100	CONCASSES	2.460	6.01	3.75	1.41	8.99	42.19	48.82		
X	B 80/100	CONCASSES	2.457	6.09	3.88	1.24	8.01	40.72	51.27		
Y		CONCASSES	2.452	6.23	3.93	1.27	8.46	42.85	48.69		
Z	B 80/100	CONCASSES	2.468	5.79	3.67	1.29	7.90	43.06	49.04		

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

CARACTERISTIQUES MECANIKQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

TYPE D'ENROBE : AB10

PROVENANCE	PCD (-10 DEGRES)				MCD (-10 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	2.55	4.570	6.090	1.333	2.63	4.944	6.500	1.315	2.59	10.30	4.62	2.23
B	3.07	4.368	5.340	1.223	3.64	4.245	5.760	1.357	3.03	10.17	3.07	3.31
C												
D1	4.38	3.893	5.460	1.403	4.24	4.364	5.560	1.274	3.92	10.37	2.47	4.19
D2												
E	5.88	3.716	5.930	1.596	6.05	4.051	6.580	1.624	5.37	10.18	2.42	4.20
F	3.37	3.983	6.030	1.514	3.62	4.133	5.430	1.314	3.34	10.81	3.05	3.54
G	6.27	3.936	5.550	1.410	5.56	3.949	6.220	1.575	4.52	10.08	2.42	4.16
H	4.47	3.973	5.720	1.440	4.62	4.500	6.280	1.396	4.31	10.13	2.70	3.75
I	4.65	3.695	5.660	1.532	4.06	4.133	5.960	1.442	4.00	9.97	2.52	3.95
J	4.91	4.269	6.450	1.511	3.84	4.792	5.710	1.192	3.82	12.57	2.57	4.88
K	5.49	4.340	7.100	1.636	5.25	4.725	6.000	1.270	5.71	14.92	2.97	5.02
L	6.75	3.753	4.980	1.327	4.43	4.213	6.190	1.469	4.33	9.62	2.67	3.60
M	5.61	3.799	6.370	1.677	4.37	4.376	5.660	1.293	4.37	11.01	2.75	4.00
N	4.41	3.962	4.840	1.222	4.09	4.544	5.890	1.296	4.33	10.20	2.70	3.78
O	5.69	3.930	4.000	1.018	4.15	4.543	5.430	1.195	3.87	8.39*	2.50	3.36
P	2.15	5.166	5.440	1.053	2.85	5.017	5.830	1.162	2.49*	10.41	4.27*	2.43*
Q												
R	3.52	4.423	5.550	1.255	3.58	4.600	5.860	1.274	3.36	9.30	3.72*	2.50*
S	3.34	5.044	5.670	1.124	3.69	5.070	5.660	1.116	3.99	14.75	3.75	3.93
T												
U	2.65	5.239	5.730	1.094	3.40	5.205	5.860	1.126	2.64*	10.30	4.32*	2.38*
V												
W	3.98	4.129	6.120	1.482	4.41	4.427	6.100	1.378	3.73	12.94	3.02	4.28
X	4.61	4.040	5.370	1.329	4.44	4.266	5.760	1.350	3.38	10.83	3.17	3.41
Y	2.43	4.544	6.420	1.413	2.93	4.914	6.100	1.241	2.61	11.16	3.42	3.26
Z	3.31	4.416	5.570	1.261	4.69	4.649	6.100	1.312	3.48	10.23	3.17	3.22
MOY	4.25	4.236	5.700	1.357	4.12	4.530	5.929	1.317				
ECART TYPE	1.33	0.456	0.638	0.187	0.84	0.354	0.310	0.130				
MAX	6.75	5.239	7.100	1.677	6.05	5.205	6.580	1.624				
MIN	2.15	3.695	4.000	1.018	2.63	3.949	5.430	1.116				

Tableau 2

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : AB10
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)				MCD (+25 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/H)
A	2.19	0.865	35.850	41.445	2.54	1.211	24.610	20.322	2.59	10.30	4.62	2.23
B	3.27	0.753	33.160	44.037	3.41	1.100	20.520	18.655	3.03	10.17	3.07	3.31
C												
D1	4.44	0.839	29.750	35.459	4.25	1.178	18.050	15.323	3.92	10.37	2.47	4.19
D2												
E	5.73	0.868	28.360	32.673	6.80	1.128	19.530	17.314	5.37	10.18	2.42	4.20
F	3.35	0.757	31.510	41.625	3.60	1.129	20.840	18.459	3.34	10.81	3.05	3.54
G	5.95	0.735	32.870	44.721	5.77	0.974	20.680	21.232	4.52	10.08	2.42	4.16
H	4.56	0.728	29.300	40.247	4.51	1.119	19.040	17.015	4.31	10.13	2.70	3.75
I	4.55	0.767	31.600	41.199	4.16	1.144	20.520	17.937	4.00	9.97	2.52	3.95
J	4.45	0.998	26.790	26.844	3.68	1.572	17.720	11.272	3.82	12.57	2.57	4.88
K	5.32	1.034	24.170	23.375	5.18	1.500	15.160	10.107	5.71	14.92	2.97	5.02
L	6.56	0.675	33.160	49.126	4.76	1.084	19.040	17.565	4.33	9.62	2.67	3.60
M	4.88	0.821	28.280	34.446	4.20	1.122	19.880	17.718	4.37	11.01	2.75	4.00
N	4.58	0.722	33.690	46.662	4.22	1.048	20.350	19.418	4.33	10.20	2.70	3.78
O	5.66	0.797	36.410	45.684	4.19	1.190	21.340	17.933	3.87	8.39*	2.50	3.36
P	1.90	1.109	22.310	20.117	2.70	1.128	23.310	20.665	2.49*	10.41	4.27*	2.43*
Q												
R	3.50	1.056	30.030	28.438	3.57	1.096	22.480	20.511	3.36	9.30	3.72*	2.50*
S	3.53	1.412	24.270	17.188	3.57	1.715	19.090	11.131	3.99	14.75	3.75	3.93
T												
U	2.63	0.898	28.350	31.570	3.26	1.182	20.190	17.081	2.64*	10.30	4.32*	2.38*
V												
W	4.12	1.004	23.470	23.376	4.58	1.465	15.750	10.751	3.73	12.94	3.02	4.28
X	4.08	0.887	30.290	34.149	3.81	1.195	20.080	16.803	3.38	10.83	3.17	3.41
Y	2.26	0.805	36.710	45.602	3.48	1.081	24.610	22.766	2.61	11.16	3.42	3.26
Z	2.87	1.018	28.080	27.583	4.74	1.360	19.090	14.037	3.48	10.23	3.17	3.22
MOYENNE	4.11	0.889	29.928	35.253	4.14	1.215	20.085	17.001				
ECART TYPE	1.29	0.170	4.132	9.462	0.96	0.188	2.364	3.564				
MAX	6.56	1.412	36.710	49.126	6.80	1.715	24.610	22.766				
MIN	1.90	0.675	22.310	17.188	2.54	0.974	15.160	10.107				

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

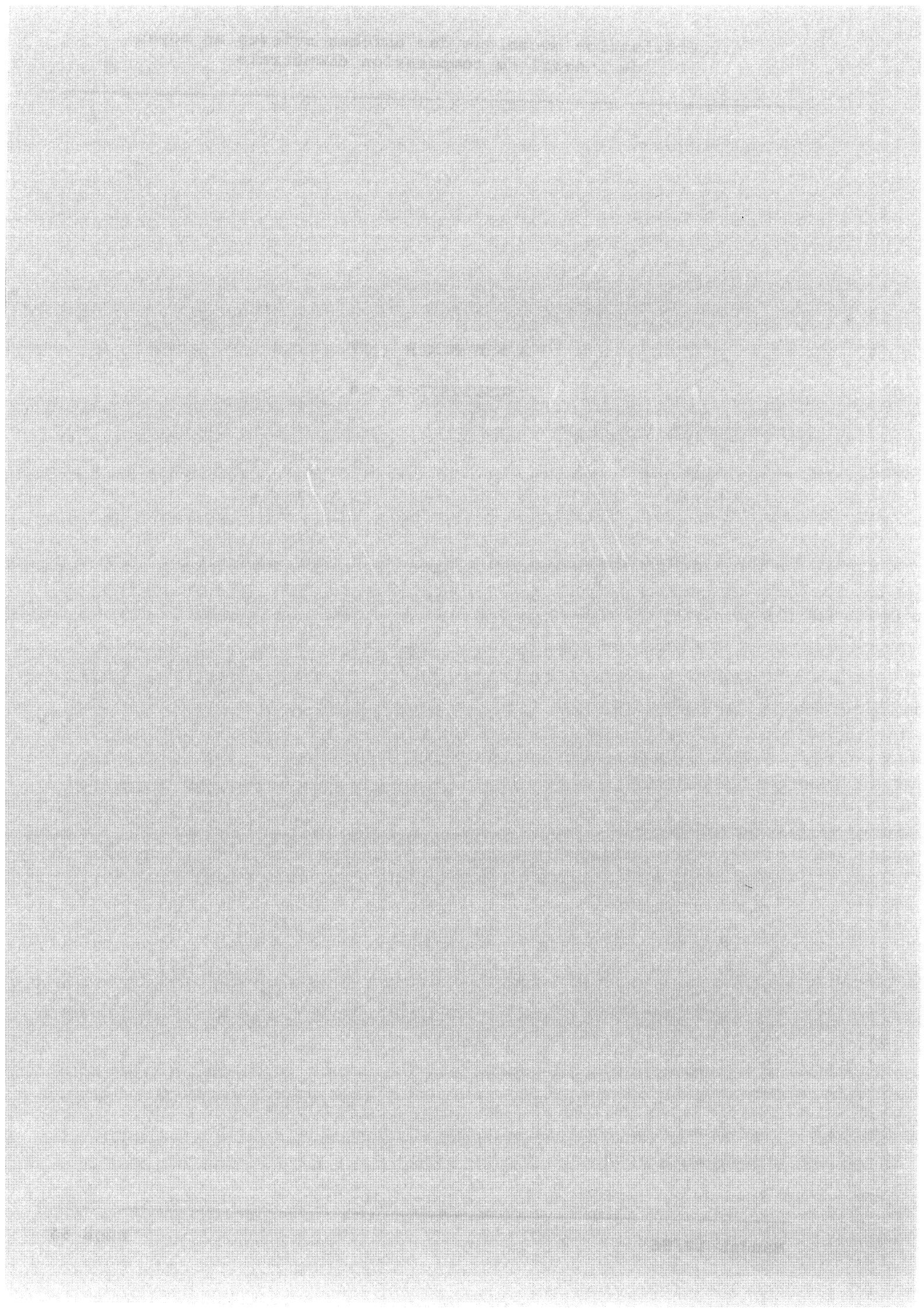
TYPE D'ENROBE : AB10
CARACTERISTIQUES MECANIKES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)					MCD (+45 DEGRES)					MARSHALL (+60 DEGRES)				
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)
A	2.34	0.194	44.940	231.649	2.56	0.220	24.610	111.864	2.59	10.30	4.62	2.23	2.59	10.30	4.62
B	3.23	0.210	34.880	166.095	3.52	0.229	15.480	67.598	3.03	10.17	3.07	3.31	3.03	10.17	3.07
C															
D1	4.71	0.229	31.540	137.729	4.25	0.278	14.300	51.439	3.92	10.37	2.47	4.19	3.92	10.37	2.47
D2															
E	5.79	0.241	31.170	129.336	6.36	0.288	15.870	55.104	5.37	10.18	2.42	4.20	5.37	10.18	2.42
F	3.05	0.206	31.710	153.932	3.62	0.260	18.100	69.615	3.34	10.81	3.05	3.54	3.34	10.81	3.05
G	6.07	0.192	34.480	179.583	5.67	0.222	14.560	65.586	4.52	10.08	2.42	4.16	4.52	10.08	2.42
H	4.30	0.226	31.990	141.549	4.56	0.294	15.480	52.653	4.31	10.13	2.70	3.75	4.31	10.13	2.70
I	4.57	0.209	29.940	143.254	4.11	0.252	14.430	57.262	4.00	9.97	2.52	3.95	4.00	9.97	2.52
J	4.68	0.239	32.980	137.992	3.81	0.349	16.860	48.309	3.82	12.57	2.57	4.88	3.82	12.57	2.57
K	5.41	0.340	32.850	96.618	5.19	0.472	18.210	38.581	5.71	14.92	2.97	5.02	5.71	14.92	2.97
L	6.62	0.186	32.870	176.720	4.69	0.244	14.160	58.033	4.33	9.62	2.67	3.60	4.33	9.62	2.67
M	5.06	0.210	34.350	163.571	4.29	0.306	16.730	54.673	4.37	11.01	2.75	4.00	4.37	11.01	2.75
N	4.48	0.191	36.440	190.785	4.20	0.243	17.140	70.535	4.33	10.20	2.70	3.78	4.33	10.20	2.70
O	5.67	0.196	38.820	198.061	4.17	0.216	15.610	72.269	3.87	8.39*	2.50	3.36	3.87	8.39*	2.50
P	1.92	0.248	34.850	140.524	2.79	0.246	27.540	111.951	2.49*	10.41	4.27*	2.43*	2.49*	10.41	4.27*
Q															
R	3.51	0.240	34.850	145.208	3.56	0.246	20.200	82.114	3.36	9.30	3.72*	2.50*	3.36	9.30	3.72*
S	3.41	0.394	32.470	82.411	3.64	0.448	21.280	47.500	3.99	14.75	3.75	3.93	3.99	14.75	3.75
T															
U	2.63	0.249	34.920	140.241	3.35	0.290	22.160	76.414	2.64*	10.30	4.32*	2.38*	2.64*	10.30	4.32*
V															
W	4.03	0.296	32.850	110.980	4.46	0.534	17.470	32.715	3.43	12.94	3.02	4.28	3.43	12.94	3.02
X	4.22	0.212	37.490	176.840	4.20	0.314	17.590	56.019	3.38	10.83	3.17	3.41	3.38	10.83	3.17
Y	2.34	0.176	38.240	217.273	3.16	0.244	22.640	92.787	2.61	11.16	3.42	3.26	2.61	11.16	3.42
Z	3.00	0.265	33.350	125.849	4.69	0.373	21.650	58.043	3.48	10.23	3.17	3.22	3.48	10.23	3.17
MOYENNE	4.14	0.234	34.454	153.918	4.13	0.299	18.276	65.048							
ECART TYPE	1.31	0.052	3.277	36.623	0.89	0.087	3.657	20.484							
MAX	6.62	0.394	44.940	231.649	6.36	0.534	27.540	111.951							
MIN	1.92	0.176	29.940	82.411	2.56	0.216	14.160	32.715							

Tableau 4

A N N E X E IV.

RESULTATS AB 16



**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

TYPE D'ENROBE : AB 16

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT

PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	MVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)
A		CONCASSES	2.477	5.54	3.58	1.28	7.50	34.40	58.10
B		CONCASSES	2.479	5.50	3.52	1.33	7.73	34.39	57.88
C									
D1									
D2									
E		CONCASSES	2.496	5.03	3.28	1.26	6.66	37.94	55.40
F		CONCASSES	2.473	5.65	3.64	1.28	7.65	33.91	58.44
G	B 80/100	CONCASSES	2.478	5.52	3.50	1.39	8.13	34.19	57.68
H	B 80/100		2.484	5.35	3.41	1.42	8.03	33.06	58.90
I		CONCASSES	2.466	5.84	3.85	1.04	6.45	36.63	56.92
J									
K		CONCASSES	2.464	5.91	3.70	1.40	8.79	43.15	48.06
L	B 80/100	CONCASSES	2.497	5.01	3.17	1.55	8.21	33.76	58.03
M		CONCASSES	2.475	5.62	3.71	1.10	6.57	35.57	57.86
N	B 80/100 S	CONCASSES	2.487	5.29	3.38	1.38	7.72	27.75	64.53
O		CONCASSES	2.502	4.87	3.20	1.28	6.53	30.56	62.91
P	B 80/100	CONCASSES	2.489	5.23	3.24	1.63	9.00	31.93	59.07
Q									
R	B 80/100	CONCASSES	2.477	5.54	3.58	1.22	7.16	31.82	61.02
S	B 80/100	CONCASSES	2.475	5.61	3.53	1.39	8.28	47.19	44.53
T									
U	B 80/100	CONCASSES	2.499	4.95	3.16	1.48	7.73	35.38	56.89
V									
W	B 80/100	CONCASSES	2.496	5.03	3.14	1.64	8.65	32.04	59.31
X	B 80/100	CONCASSES	2.500	4.94	3.20	1.36	7.08	32.25	60.67
Y		CONCASSES	2.485	5.34	3.49	1.20	6.79	35.55	57.66
Z	B 80/100	CONCASSES	2.486	5.30	3.34	1.49	8.36	32.12	59.52

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES (PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)															
PCD (-10 DEGRES)															
MCD (-10 DEGRES)															
MARSHALL (+60 DEGRES)															
PROVENANCE	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)			
A	3.40	4.089	5.620	1.374	4.33	4.448	5.760	1.295	3.67	10.06	3.27	3.07			
B	1.38	4.548	4.110	0.904	2.30	4.372	4.650	1.064	1.98*	11.05	3.90*	2.83*			
C															
D1															
D2															
E	5.83	3.991	4.710	1.180	5.51	4.061	6.740	1.660	4.75	10.42	2.55	4.09			
F	3.64	4.550	4.400	0.967	3.94	4.054	5.330	1.315	4.24	10.00	3.07	3.25			
G	3.05	4.364	4.460	1.022	3.48	4.361	5.660	1.298	3.52	9.12	3.12	2.92*			
H	2.01	4.676	5.410	1.157	2.75	4.457	5.430	1.218	2.24*	11.99	4.05*	2.96*			
I	4.11	4.022	5.080	1.263	3.96	4.197	5.270	1.256	3.93	10.05	2.67	3.76			
J															
K	4.11	4.521	4.860	1.075	3.96	5.172	5.560	1.075	3.89	11.64	3.35	3.47			
L	5.15	4.009	5.490	1.369	5.25	4.457	5.690	1.277	4.63	9.36	2.55	3.67			
M	5.29	3.609	5.970	1.654	4.49	4.028	6.640	1.648	4.18	10.13	2.77	3.65			
N	3.70	4.028	4.930	1.224	3.69	4.178	4.930	1.180	3.25	10.81	2.87	3.76			
O	3.79	3.730	5.330	1.429	3.43	4.097	5.200	1.269	2.92*	9.33	2.62	3.55			
P	1.72	4.925	5.140	1.044	2.55	4.931	4.910	0.996	2.37*	10.91	4.12*	2.65*			
Q															
R	3.92	3.752	5.510	1.469	3.36	4.545	5.530	1.217	3.86	9.65	2.87	3.35			
S	5.25	4.412	6.270	1.421	4.56	4.751	5.840	1.229	4.72	11.91	2.50	4.77			
T															
U	6.35	3.941	4.760	1.208	5.58	4.408	5.430	1.232	6.04*	10.02	2.42	4.13			
V															
W	5.32	4.174	5.470	1.310	5.37	4.224	7.040	1.667	5.45	12.60	2.80	4.50			
X	4.96	3.908	4.910	1.256	5.29	3.975	6.640	1.670	5.11	10.43	2.80	3.72			
Y	3.43	4.214	5.820	1.381	4.60	4.212	6.960	1.652	3.30	12.86	2.95	4.36			
Z	2.46	4.601	5.420	1.178	3.39	4.410	6.050	1.372	2.45	13.96	4.45	3.14			
MOYENNE	3.94	4.203	5.184	1.244	4.09	4.367	5.763	1.330							
ECART TYPE	1.38	0.356	0.550	0.188	0.99	0.309	0.703	0.214							
MAX	6.35	4.925	6.270	1.654	5.58	5.172	7.040	1.670							
MIN	1.38	3.609	4.110	0.904	2.30	3.975	4.650	0.996							

Tableau 2

Tableau 2

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : AB16
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)					MCD (+25 DEGRES)					MARSHALL (+60 DEGRES)				
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SN/FM (KN/MM)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)
A	3.29	1.026	24.070	23.460	4.91	1.205	17.130	14.216	3.67	10.06	3.27	3.07	3.67	10.06	3.27
B	1.49	0.719	28.820	40.083	2.79	1.111	19.200	17.282	1.98*	11.05	3.90*	2.83*	1.98*	11.05	3.90*
C															
D1															
D2															
E	5.81	0.912	22.950	25.164	5.77	1.103	16.900	15.322	4.75	10.42	2.55	4.09	4.75	10.42	2.55
F	3.63	0.924	21.390	23.149	4.44	1.198	16.410	13.698	4.24	10.00	3.07	3.25	4.24	10.00	3.07
G	2.80	0.801	33.470	41.785	3.79	1.237	19.040	15.392	3.52	9.12	3.12	2.92*	3.52	9.12	3.12
H	1.95	0.814	28.710	35.270	2.66	1.068	22.320	20.899	2.24*	11.99	4.05*	2.96*	2.24*	11.99	4.05*
I	4.46	0.835	25.960	31.090	4.33	1.106	19.040	17.215	3.93	10.05	2.67	3.76	3.93	10.05	2.67
J															
K	3.77	1.170	24.670	21.085	4.05	1.304	20.470	15.698	3.89	11.64	3.35	3.47	3.89	11.64	3.35
L	5.21	0.723	26.210	36.252	5.06	1.200	17.400	14.500	4.63	9.36	2.55	3.67	4.63	9.36	2.55
M	5.82	0.714	27.080	37.927	4.59	1.106	17.320	15.660	4.18	10.23	2.77	3.65	4.18	10.23	2.77
N	3.60	0.744	26.620	35.780	4.01	1.272	16.190	12.728	3.25	10.81	2.87	3.76	3.25	10.81	2.87
O	3.76	0.683	27.790	40.688	3.47	1.189	18.380	15.458	2.92*	9.33	2.62	3.55	2.92*	9.33	2.62
P	1.69	1.238	18.440	14.895	2.49	1.547	14.940	9.657	2.37*	10.91	4.12*	2.65*	2.37*	10.91	4.12*
Q															
R	3.83	0.868	26.040	30.000	3.35	1.176	17.560	14.932	3.86	9.65	2.87	3.35	3.86	9.65	2.87
S	5.47	1.126	24.270	21.554	4.67	1.402	19.290	13.759	4.72	11.91	2.50	4.77	4.72	11.91	2.50
T															
U	6.25	0.998	20.610	20.651	5.68	1.477	15.100	10.223	6.04*	10.02	2.42	4.13	6.04*	10.02	2.42
V															
W	4.98	1.086	18.460	16.998	5.20	1.346	15.940	11.842	5.45	12.60	2.80	4.50	5.45	12.60	2.80
X	4.79	0.765	27.880	36.444	4.94	1.049	16.930	16.139	5.11	10.43	2.80	3.72	5.11	10.43	2.80
Y	3.46	0.767	24.470	31.904	4.57	1.137	16.730	14.714	3.30	12.86	2.95	4.36	3.30	12.86	2.95
Z	2.32	1.254	16.850	13.437	3.43	1.506	14.570	9.675	2.45	13.96	4.45	3.14	2.45	13.96	4.45
MOYENNE	3.92	0.908	24.738	28.881	4.21	1.237	17.543	14.450							
ECART TYPE	1.42	0.185	4.077	9.067	0.96	0.149	1.938	2.720							
MAX	6.25	1.254	33.470	41.785	5.77	1.547	22.320	20.899							
MIN	1.49	0.683	16.850	13.437	2.49	1.049	14.570	9.657							

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

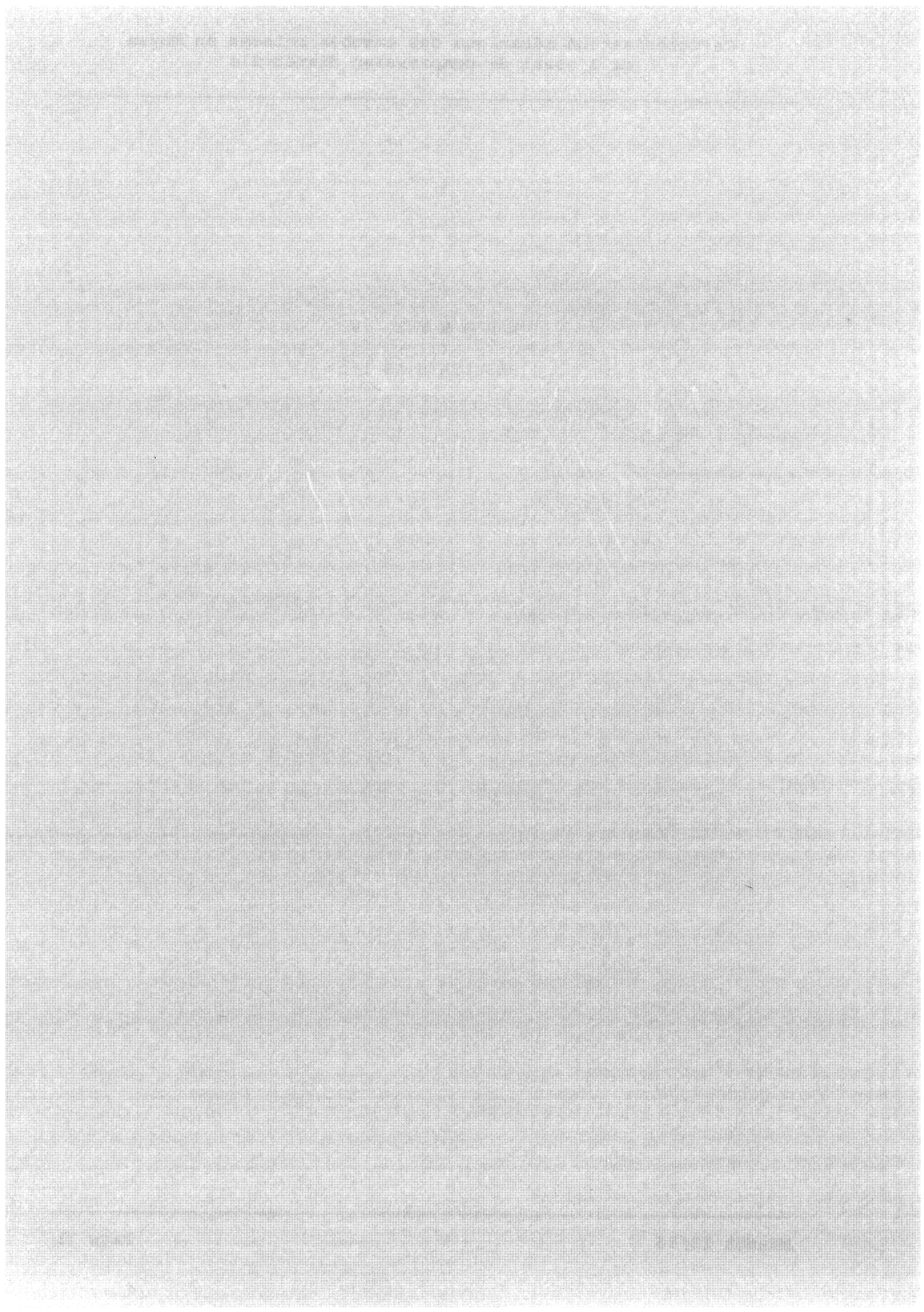
TYPE D'ENROBE : AB16
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)					MCD (+45 DEGRES)					MARSHALL (+60 DEGRES)				
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)
A	3.34	0.245	32.720	133.551	4.58	0.287	15.990	55.714	3.67	10.06	3.27	3.07	1.98*	11.05	3.90*
B	1.49	0.187	33.110	177.059	2.60	0.211	18.620	88.246				2.83*			
C															
D1															
D2															
E	5.82	0.277	28.340	102.310	5.77	0.253	12.940	51.146	4.75	10.42	2.55	4.09	4.75	10.42	2.55
F	3.66	0.274	29.640	108.175	4.34	0.275	14.160	51.491	4.24	10.00	3.07	3.25	4.24	10.00	3.07
G	2.63	0.215	30.010	139.581	3.60	0.276	16.260	58.913	3.52	9.12	3.12	2.92*	3.52	9.12	3.12
H	1.94	0.228	30.280	132.807	2.70	0.226	18.620	82.389	2.24*	11.99	4.05*	2.96*	2.24*	11.99	4.05*
I	4.22	0.228	28.540	125.175	4.16	0.233	13.380	57.425	3.93	10.05	2.67	3.76	3.93	10.05	2.67
J															
K	3.93	0.235	30.470	129.660	4.00	0.283	19.930	70.424	3.89	11.64	3.35	3.47	3.89	11.64	3.35
L	5.41	0.195	34.240	175.590	5.16	0.266	13.920	52.331	4.63	9.36	2.55	3.67	4.63	9.36	2.55
M	5.67	0.199	30.590	153.719	4.54	0.297	14.760	49.697	4.18	10.13	2.77	3.65	4.18	10.13	2.77
N	3.71	0.190	28.740	151.263	3.53	0.309	15.740	50.939	3.25	10.81	2.87	3.76	3.25	10.81	2.87
O	3.79	0.206	32.150	156.068	3.50	0.274	13.250	48.358	2.92*	9.33	2.62	3.55	2.92*	9.33	2.62
P	1.70	0.303	30.610	101.023	2.52	0.377	17.970	47.666	2.37*	10.91	4.12*	2.65*	2.37*	10.91	4.12*
Q															
R	3.84	0.175	28.280	161.600	3.37	0.264	14.560	55.152	3.86	9.65	2.87	3.35	3.86	9.65	2.87
S	5.32	0.363	28.710	79.091	4.59	0.361	16.240	44.986	4.72	11.91	2.50	4.77	4.72	11.91	2.50
T															
U	6.30	0.226	24.740	109.469	5.64	0.392	13.510	34.464	6.04*	10.02	2.42	4.13	6.04*	10.02	2.42
V															
W	5.13	0.275	26.710	97.127	5.32	0.387	14.640	37.829	5.45	12.60	2.80	4.50	5.45	12.60	2.80
X	4.89	0.175	36.230	207.029	5.19	0.269	14.030	52.156	5.11	10.43	2.80	3.72	5.11	10.43	2.80
Y	3.46	0.187	30.970	165.615	4.64	0.360	14.640	40.667	3.30	12.86	2.95	4.36	3.30	12.86	2.95
Z	2.37	0.331	28.080	84.834	3.45	0.493	16.860	34.199	2.45	13.96	4.45	3.14	2.45	13.96	4.45
MOYENNE	3.93	0.236	30.158	134.537	4.16	0.305	15.501	53.210							
ECART TYPE	1.42	0.053	2.649	34.127	0.99	0.070	2.025	13.938							
MAX	6.30	0.363	36.230	207.029	5.77	0.493	19.930	88.246							
MIN	1.49	0.175	24.740	79.091	2.52	0.211	12.940	34.199							

Tableau 4

A N N E X E V.

RESULTATS AB 16s



**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

TYPE D'ENROBE : AB 16 S

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT

PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	MVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)
A									
B									
C									
D1	TB 2000+TRINIDAD	CONCASSES	2.489	5.22	3.47	1.10	6.06	28.82	65.12
D2									
E		CONCASSES	2.491	5.18	3.31	1.42	7.75	35.59	56.66
F		CONCASSES	2.501	4.92	3.09	1.62	8.37	30.58	61.05
G	B 60/70	CONCASSES	2.482	5.43	3.36	1.63	9.36	34.31	56.33
H	TB 600/1100	CONCASSES	2.475	5.60	3.53	1.42	8.44	38.21	54.35
I									
J									
K									
L	B 60/70	CONCASSES	2.510	4.66	2.86	1.95	9.55	35.61	54.84
M		CONCASSES	2.492	5.16	3.35	1.27	6.90	37.97	55.13
N	ELASTOREN 70		2.487	5.29	3.38	1.37	7.68	34.70	57.62
O		CONCASSES	2.489	5.24	3.36	1.39	7.66	32.57	59.77
P	B 60/70		2.496	5.04	3.10	1.73	9.15	31.22	59.63
Q									
R									
S									
T									
U									
V		CONCASSES	2.487	5.28	3.33	1.51	8.42	32.28	59.30
W	B 80/100	CONCASSES	2.490	5.20	3.29	1.49	8.14	34.13	57.73
X	B 80/100	CONCASSES	2.475	5.61	3.59	1.31	7.78	33.61	58.61
Y		CONCASSES	2.490	5.21	3.41	1.18	6.46	33.18	60.36
Z	B 80/100	CONCASSES							

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES (PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)												
PCD (-10 DEGRES)					MCD (-10 DEGRES)					MARSHALL (+60 DEGRES)		
PROVENANCE	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A												
B												
C												
D1	5.26	4.202	4.540	1.080	5.39	4.171	5.330	1.278	5.67	10.65	2.25	4.73
D2												
E	5.55	4.374	4.460	1.020	4.59	4.270	5.470	1.281	4.58	13.25	2.85	4.65
F	1.81	4.735	5.180	1.094	2.38	4.827	4.940	1.023	2.44*	10.53	3.50	3.01*
G	1.50	4.929	5.260	1.067	2.02	5.059	5.270	1.042	2.16*	10.40	3.77*	2.76*
H	2.46	4.679	5.350	1.143	3.12	4.976	4.940	0.993	3.13	11.36	4.00*	2.84*
I												
J												
K												
L	2.61	4.273	5.190	1.215	3.31	4.712	5.240	1.112	3.28	14.38	3.52*	4.08
M	5.22	3.702	6.170	1.667	4.29	4.363	6.550	1.501	4.33	11.69	2.72	4.29
N	3.56	4.918	6.460	1.314	3.56	4.984	7.100	1.425	3.62	10.13	3.32	3.05
O	2.95	5.301	6.170	1.164	2.51	5.553	6.480	1.167	4.22	8.07*	4.10*	1.97*
P	1.93	4.415	5.070	1.148	2.87	4.640	4.320	0.931	2.46*	14.20	3.90*	3.64
Q												
R												
S												
T												
U												
V												
W	3.70	4.609	5.470	1.187	3.19	4.700	6.690	1.423	3.96	13.34	3.05	4.37
X	3.37	4.305	5.020	1.166	3.26	4.403	6.150	1.397	2.86	11.75	3.35	3.51
Y	3.12	4.128	6.420	1.555	4.51	4.261	6.840	1.605	3.21	12.04	3.45	3.49
Z	4.04	3.829	6.340	1.656	3.45	4.297	5.810	1.352	4.05	12.29	3.17	3.87
MOYENNE	3.36	4.457	5.507	1.248	3.46	4.658	5.795	1.252				
ECART TYPE	1.30	0.439	0.683	0.218	0.94	0.395	0.846	0.210				
MAX	5.55	5.301	6.460	1.667	5.39	5.553	7.100	1.605				
MIN	1.50	3.702	4.460	1.020	2.02	4.171	4.320	0.931				

Tableau 2

Tableau 2

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : AB16s
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)				MCD (+25 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA. (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A												
B												
C												
D1	5.18	1.244	18.030	14.494	5.54	1.705	13.460	7.894	5.67	10.65	2.25	4.73
D2												
E	5.70	0.938	20.050	21.375	4.54	2.327	13.790	5.926	4.58	13.25	2.85	4.65
F	1.83	0.843	23.220	27.544	2.60	1.222	17.730	14.509	2.44*	10.53	3.50	3.01*
G	1.66	0.872	24.120	27.661	2.09	1.163	19.690	16.930	2.16*	10.40	3.77*	2.76*
H	2.55	0.983	24.010	24.425	3.22	1.534	15.430	10.059	3.13	11.36	4.00*	2.84*
I												
J												
K												
L	2.99	1.139	18.510	16.251	3.44	1.334	14.940	11.199	3.28	14.38	3.52*	4.08
M	5.05	0.841	25.280	30.059	4.28	1.180	16.730	14.178	4.33	11.69	2.72	4.29
N	3.45	1.017	26.050	25.615	3.64	1.285	17.230	13.409	3.62	10.13	3.32	3.05*
O	2.95	1.316	24.610	18.701	2.62	1.444	19.200	13.296	4.22	8.07*	4.10*	1.97*
P	1.88	1.448	15.400	10.635	2.82	1.670	12.970	7.766	2.46*	14.20	3.90*	3.64
Q												
R												
S												
T												
U												
V												
W	3.36	0.935	22.670	24.246	3.38	1.218	17.130	14.064	3.96	13.34	3.05	4.37
X	3.34	0.804	25.700	31.965	3.04	1.088	18.900	17.371	2.86	11.75	3.35	3.51
Y	2.79	0.588	29.690	50.493	4.24	0.928	19.090	20.571	3.21	12.04	3.45	3.49
Z	2.92	0.861	27.190	31.580	3.71	1.117	22.440	20.090	4.05	12.29	3.17	3.87
MOYENNE	3.26	0.988	23.181	25.360	3.51	1.373	17.052	13.376				
ECART TYPE	1.25	0.229	3.922	9.713	0.91	0.353	2.718	4.477				
MAX	5.70	1.448	29.690	50.493	5.54	2.327	22.440	20.571				
MIN	1.66	0.588	15.400	10.635	2.09	0.928	12.970	5.926				

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

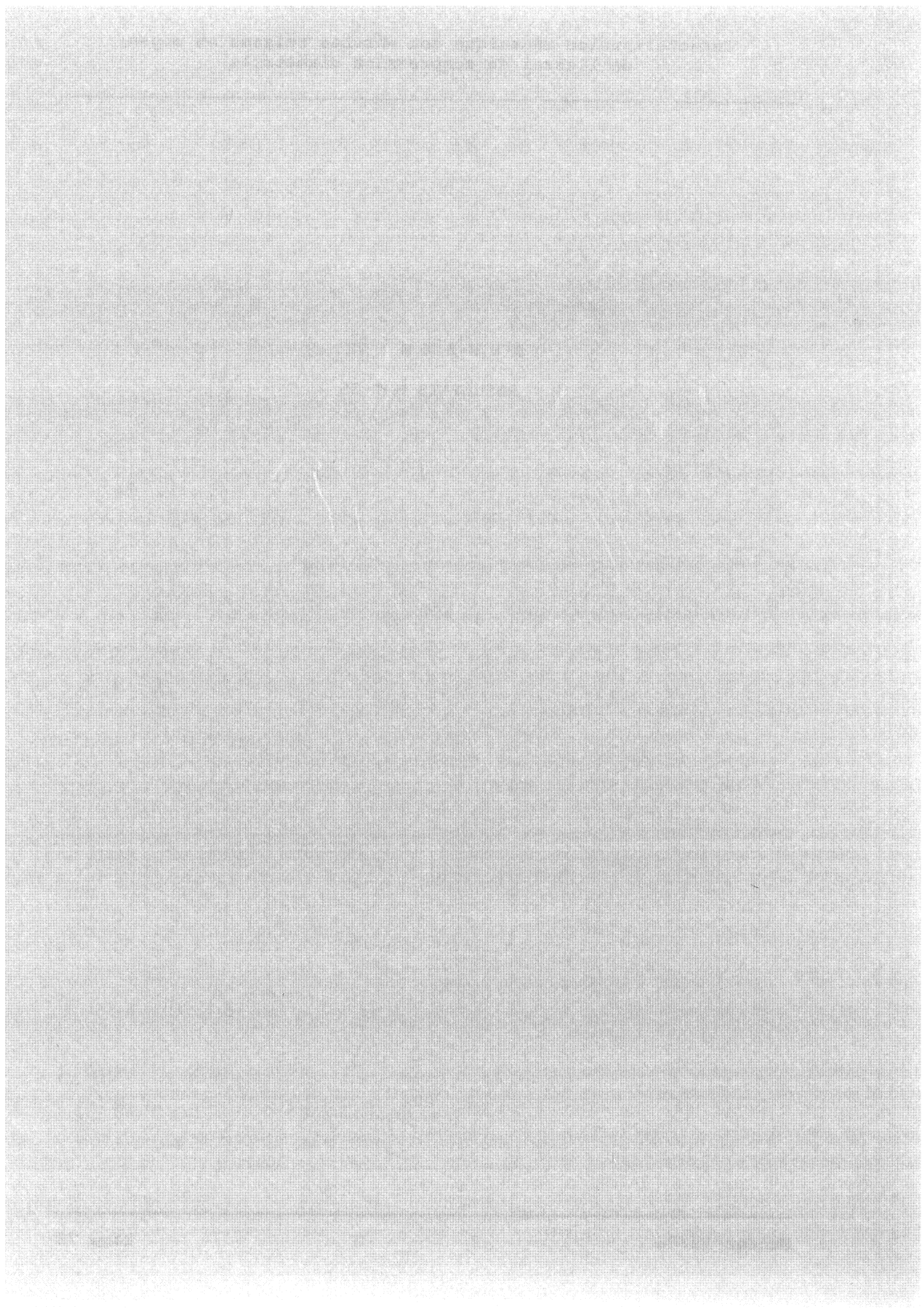
TYPE D'ENROBE : AB16s
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)				MCD (+45 DEGRES)				MARSHALL			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A												
B												
C												
D1	5.29	0.344	26.810	77.936	5.47	0.568	14.300	25.176	5.67	10.65	2.25	4.73
D2												
E	5.59	0.290	25.020	86.276	4.57	0.404	13.640	33.762	4.58	13.25	2.85	4.65
F	1.81	0.225	29.480	131.022	2.50	0.326	17.570	53.896	2.44*	10.53	3.50	3.01*
G	1.58	0.237	36.750	155.063	2.04	0.283	22.300	78.799	2.16*	10.40	3.77*	2.76*
H	2.46	0.218	34.110	156.468	3.18	0.415	18.100	43.614	3.13	11.36	4.00*	2.84*
I												
J												
K												
L	2.80	0.311	29.580	95.113	3.37	0.399	17.050	42.732	3.28	14.38	3.52*	4.08
M	5.04	0.231	28.960	125.368	4.28	0.321	13.410	41.776	4.33	11.69	2.72	4.29
N	3.50	0.275	34.980	127.200	3.62	0.356	16.530	46.433	3.62	10.13	3.32	3.05*
O	2.94	0.342	32.510	95.058	2.54	0.365	17.440	47.781	4.22	8.07*	4.10*	1.97*
P	1.90	0.386	30.900	80.052	2.86	0.538	17.970	33.401	2.46*	14.20	3.90*	3.64
Q												
R												
S												
T												
U												
V												
W	3.42	0.265	28.960	109.283	3.33	0.375	16.980	45.280	3.96	13.34	3.05	4.37
X	3.35	0.184	34.510	187.554	3.22	0.264	16.610	62.917	2.86	11.75	3.35	3.51
Y	2.97	0.176	34.350	195.170	4.39	0.263	15.750	59.886	3.21	12.04	3.45	3.49
Z	3.65	0.192	31.470	163.906	3.60	0.306	24.110	78.791	4.05	12.29	3.17	3.87
MOYENNE	3.31	0.263	31.314	127.534	3.50	0.370	17.269	49.589				
ECART TYPE	1.26	0.065	3.388	39.191	0.93	0.092	2.957	15.914				
MAX	5.59	0.386	36.750	195.170	5.47	0.568	24.110	78.799				
MIN	1.58	0.176	25.020	77.936	2.04	0.263	13.410	25.176				

Tableau 4

A N N E X E VI.

RESULTATS HMT 25



**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

TYPE D'ENROBE : HMT 25

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT

PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	MVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)
A		CONCASSES	2.519	4.44	2.89	1.47	6.85	27.09	66.06
B		SEMI-CONCASSES	2.537	3.97	2.60	1.61	6.65	15.80	77.55
C									
D1									
D2									
E		CONCASSES	2.514	4.56	2.86	1.69	8.07	38.72	53.21
F		SEMI-CONCASSES	2.500	4.93	3.11	1.54	7.98	39.34	52.68
G	B 180/220	CONCASSES	2.501	4.90	3.03	1.71	8.79	44.93	46.28
H	TB 2000		2.522	4.34	2.75	1.74	7.87	25.72	66.41
I									
J									
K		CONCASSES	2.510	4.67	3.00	1.49	7.29	31.79	60.92
L	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.507	4.76	2.98	1.67	8.34	32.06	59.60
M		CONCASSES	2.513	4.59	2.95	1.51	7.26	30.41	62.33
N	B 80/100 S		2.511	4.65	2.96	1.53	7.47	33.66	58.87
O									
P	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.532	4.10	2.59	1.81	7.76	26.32	65.92
Q									
R	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.511	4.65	3.00	1.73	9.15	31.22	59.63
S									
T									
U	B 80/100		2.524	4.30	2.86	1.31	5.91	31.34	62.75
V									
W	B 80/100	CONCASSES	2.518	4.46	2.78	1.84	8.57	26.88	64.55
X									
Y									
Z	B 80/100	CONCASSES	2.485	5.33	3.88	1.37	7.74	41.41	50.85

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

CARACTERISTIQUES MECANIKUES DES ENROBES (PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

TYPE D'ENROBE : HMT25

PROVENANCE	PCD (-10 DEGRES)				MCD (-10 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA. (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA. (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	3.34	4.633	4.960	1.071	4.83	4.072	5.770	1.417	4.40	10.58	3.22	3.28
B	4.55	4.091	4.870	1.190	5.35	3.247	8.030	2.473	4.73	8.54*	2.87	2.97*
C												
D1												
D2												
E	5.08	4.447	5.540	1.246	4.39	4.572	5.370	1.175	4.70	11.70	2.45	4.78
F	3.12	4.343	5.270	1.213	3.54	4.337	5.240	1.208	3.62	10.66	2.85	3.74
G	3.53	4.424	6.140	1.388	4.09	4.916	6.510	1.324	4.05	9.65*	2.55	3.78
H	3.43	4.404	4.610	1.047	3.78	4.173	5.500	1.318	3.91	9.75*	3.02	3.22*
I												
J												
K	5.78	4.019	5.840	1.453	5.84	3.940	6.150	1.561	5.65	13.81	3.47	3.97
L	2.99	4.339	4.740	1.092	3.14	4.614	4.520	0.980	3.25	8.20*	3.27	2.50*
M	3.93	4.296	5.290	1.231	4.87	4.152	6.150	1.481	4.35	12.15	3.15	3.86
N	2.47	4.460	5.410	1.213	2.88	4.345	4.940	1.137	2.82*	8.63*	3.37	2.56*
O												
P	2.60	4.610	5.310	1.152	3.81	3.997	4.890	1.223	4.07	10.45	3.12	3.34
Q												
R	4.63	3.632	4.870	1.341	4.76	4.103	4.490	1.094	3.60	8.77*	2.77	3.17*
S												
T												
U	6.02	3.625	5.340	1.473	6.26	3.951	5.830	1.476	4.76	9.58*	2.53	3.78
V												
W	3.09	4.981	5.790	1.162	3.94	4.597	5.310	1.155	4.18	14.40	3.52	4.09
X												
Y												
Z	2.55	4.240	5.190	1.224	2.74	4.476	5.310	1.186	3.02	9.02	3.42	2.63
MOYENNE	3.81	4.303	5.278	1.233	4.28	4.233	5.601	1.347				
ECART TYPE	1.15	0.356	0.430	0.130	1.04	0.395	0.891	0.351				
MAX	6.02	4.981	6.140	1.473	6.26	4.916	8.030	2.473				
MIN	2.47	3.625	4.610	1.047	2.74	3.247	4.490	0.980				

Tableau 2

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : HMT25
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)					MCD (+25 DEGRES)					MARSHALL (+60 DEGRES)				
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)
A	4.17	0.980	19.860	20.265	5.32	1.107	16.730	15.113	4.40	10.58	3.22	3.28	4.40	10.58	3.22
B	3.81	0.865	17.910	20.705	4.81	1.112	13.950	12.545	4.73	8.54*	2.87	2.97*	4.73	8.54*	2.87
C															
D1															
D2															
E	5.00	1.257	16.320	12.983	4.38	1.400	14.610	10.436	4.70	11.70	2.45	4.78	4.70	11.70	2.45
F	2.97	1.164	18.580	15.962	3.55	1.371	15.590	11.371	3.62	10.66	2.85	3.74	3.62	10.66	2.85
G	3.97	0.765	23.270	30.418	3.88	0.954	18.220	19.099	4.05	9.65*	2.55	3.78	4.05	9.65*	2.55
H	3.67	0.976	17.240	17.664	4.07	1.236	14.220	11.505	3.91	9.75*	3.02	3.22*	3.91	9.75*	3.02
I															
J															
K	6.22	0.956	16.720	17.490	6.48	1.180	13.780	11.678	5.65	13.81	3.47	3.97	5.65	13.81	3.47
L	3.25	1.049	18.580	17.712	3.28	1.328	15.590	11.739	3.25	8.20*	3.27	2.50*	3.25	8.20*	3.27
M	4.48	1.010	18.930	18.743	4.73	1.333	16.140	12.108	4.35	12.15	3.15	3.86	4.35	12.15	3.15
N	2.68	0.981	23.940	24.404	3.02	1.106	18.220	16.474	2.82*	8.63*	3.37	2.56*	2.82*	8.63*	3.37
O															
P	2.92	1.363	14.230	10.440	3.64	1.668	12.470	7.476	4.07	10.45	3.12	3.34	4.07	10.45	3.12
Q															
R	4.28	1.016	16.570	16.309	4.85	1.227	14.280	11.638	3.60	8.77*	2.77	3.17*	3.60	8.77*	2.77
S															
T															
U	6.00	0.952	17.580	18.466	6.65	1.325	12.470	9.411	4.76	9.58*	2.53	3.78	4.76	9.58*	2.53
V															
W	3.35	1.098	14.700	13.388	4.25	1.469	13.390	9.115	4.18	14.40	3.52	4.09	4.18	14.40	3.52
X															
Y															
Z	3.27	0.779	27.790	35.674	3.13	1.068	21.850	20.459	3.02	9.02	3.42	2.63	3.02	9.02	3.42
MOYENNE	4.00	1.014	18.815	19.375	4.40	1.259	15.434	12.678							
ECART TYPE	1.07	0.161	3.648	6.566	1.11	0.182	2.523	3.625							
MAX	6.22	1.363	27.790	35.674	6.65	1.668	21.850	20.459							
MIN	2.68	0.765	14.230	10.440	3.02	0.954	12.470	7.476							

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

TYPE D'ENROBE : HMT25

CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)				MCD (+45 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	3.87	0.226	28.590	126.504	5.02	0.262	13.410	51.183	4.40	10.58	3.22	3.28
B	3.96	0.196	25.690	131.071	4.70	0.265	14.030	52.943	4.73	8.54*	2.87	2.97*
C												
D1												
D2												
E	5.08	0.356	21.410	60.140	4.39	0.405	12.460	30.765	4.70	11.70	2.45	4.78
F	3.05	0.278	25.420	91.439	3.64	0.357	16.260	45.546	3.62	10.66	2.85	3.74
G	3.70	0.186	24.620	132.366	3.99	0.228	17.570	77.061	4.05	9.65*	2.55	3.78
H	3.53	0.236	26.340	111.610	3.88	0.323	14.030	43.437	3.91	9.75*	3.02	3.22*
I												
J												
K	6.09	0.307	22.160	72.182	6.17	0.418	14.150	33.852	5.65	13.81	3.47	3.97
L	3.16	0.238	32.730	137.521	3.23	0.304	18.360	60.395	3.25	8.20*	3.27	2.50*
M	4.27	0.286	27.060	94.615	4.76	0.395	15.620	39.544	4.35	12.15	3.15	3.86
N	2.62	0.203	34.380	169.360	2.95	0.228	21.770	95.482	2.82*	8.63*	3.37	2.56*
O												
P	2.77	0.407	18.600	45.700	3.78	0.625	14.160	22.656	4.07	10.45	3.12	3.34
Q												
R	4.48	0.240	20.600	85.833	4.83	0.346	12.850	37.139	3.60	8.77*	2.77	3.17*
S												
T												
U	6.06	0.289	22.740	78.685	6.47	0.390	12.720	32.615	4.76	9.58*	2.53	3.78
V												
W	3.20	0.355	18.880	53.183	4.15	0.413	14.270	34.552	4.18	14.40	3.52	4.09
X												
Y												
Z	2.91	0.186	30.340	163.118	2.99	0.262	24.850	94.847	3.02	9.02	3.42	2.63
MOYENNE	3.92	0.266	25.304	103.555	4.33	0.348	15.767	50.134				
ECART TYPE	1.11	0.068	4.769	38.844	1.04	0.102	3.551	22.657				
MAX	6.09	0.407	34.380	169.360	6.47	0.625	24.850	95.482				
MIN	2.62	0.186	18.600	45.700	2.95	0.228	12.460	22.656				

Tableau

Tableau 4

A N N E X E VII.

RESULTATS HMT 32

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

Tableau 1

CARACTERISTIQUES GENERALES DU PRODUIT									
PROVENANCE	TYPE DE LIANT	TYPE D'AGREGATS	NVE (calcul)	TL/E (% MASSE)	MR	F/B	FILLER (% MASSE)	SABLE (% MASSE)	GRAVILLON (% MASSE)
A		SEMI-CONCASSES	2.534	4.05	2.64	1.62	6.84	19.50	73.66
B									
C									
D1	B 60/70	CONCASSES	2.558	3.43	2.37	1.26	4.47	26.38	69.15
D2	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.526	4.26	2.90	1.16	5.14	28.76	66.10
E		SEMI-CONCASSES	2.518	4.46	2.90	1.41	6.59	34.95	58.46
F		SEMI-CONCASSES	2.528	4.20	2.74	1.48	6.50	28.11	65.39
G	B 120/150	SEMI-CONCASSES	2.521	4.39	2.79	1.67	7.66	28.31	64.03
H	TB 600/1100		2.551	3.61	2.46	1.36	5.10	20.67	74.23
I		SEMI-CONCASSES	2.522	4.35	2.92	1.17	5.31	32.18	62.51
J		CONCASSES	2.515	4.54	2.90	1.56	7.40	33.83	58.77
K									
L	B 80/100	CONCASSES	2.536	3.98	2.53	1.86	7.72	24.51	67.77
M		CONCASSES	2.505	4.81	3.05	1.50	7.59	35.37	57.04
N	B 80/100		2.536	4.00	2.66	1.38	5.76	27.11	67.13
O		CONCASSES	2.519	4.44	3.04	1.14	5.28	20.59	74.13
P	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.525	4.28	2.79	1.47	6.56	22.43	71.01
Q									
R	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.538	3.94	2.57	1.64	6.71	20.81	72.48
S	B 80/100	RONDS	2.511	4.65	2.98	1.50	7.31	38.79	53.90
T									
U	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.526	4.25	2.83	1.31	5.81	25.50	68.69
V									
W									
X	B 80/100	CONCASSES	2.532	4.10	2.63	1.65	7.05	31.12	61.83
Y		CONCASSES	2.518	4.47	2.98	1.21	5.64	31.00	63.36
Z	B 80/100	SEMI-CONCASSES	2.530	4.14	2.79	1.25	5.41	29.73	64.86

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

**CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)**

TYPE D'ENROBE : HMT32

PROVENANCE	PCD (-10 DEGRES)				MCD (-10 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D.SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	2.42	4.536	4.810	1.060	2.53	4.347	5.070	1.166	3.34	7.66*	2.57	2.98*
B												
C												
D1	8.49	2.654	4.410	1.662	8.33	2.806	5.720	2.038	8.57*	10.46	2.07	5.04
D2	4.61	3.970	5.310	1.338	5.19	3.736	6.150	1.646	5.03	10.99	2.12	5.17
E	4.48	3.925	5.710	1.455	4.44	3.835	5.170	1.348	4.95	11.64	2.30	5.06
F	2.28	4.294	4.840	1.127	3.37	4.071	5.500	1.351	3.82	8.46	2.70	3.13
G	2.61	4.863	5.340	1.098	3.66	4.143	6.190	1.494	3.63	9.89	2.90	3.41
H	4.50	3.397	5.260	1.548	4.01	4.389	5.890	1.342	4.76	7.83*	2.15	3.64
I	5.89	3.408	5.530	1.623	5.23	3.934	5.300	1.347	5.35	9.45	1.90	4.97
J	3.08	4.256	5.090	1.196	3.26	3.784	4.720	1.247	3.30	11.58	2.45	4.73
K												
L	2.71	4.683	4.530	0.967	3.08	4.913	5.990	1.219	3.48	9.66	2.85	3.39
M	3.02	4.386	6.140	1.400	2.83	4.379	5.120	1.169	2.94	9.48	2.97	3.19
N	4.20	3.933	4.760	1.210	3.70	3.973	5.630	1.417	4.39	7.97*	2.20	3.62
O	3.32	3.593	5.360	1.492	2.59	3.780	6.370	1.685	3.26	7.45*	2.37	3.14
P	3.14	4.085	4.800	1.175	3.68	3.559	5.500	1.545	3.78	9.85	2.72	3.61
Q												
R	3.13	4.201	4.760	1.133	3.90	3.945	5.040	1.278	4.85	8.00	2.70	2.96*
S	4.32	3.892	4.880	1.254	4.81	4.438	6.400	1.442	4.61	11.87	2.15	5.52
T												
U	3.49	3.369	5.100	1.514	4.29	3.619	5.370	1.484	4.40	8.46	2.20	3.85
V												
W												
X	3.78	4.333	5.340	1.232	4.67	4.299	5.360	1.247	4.03	11.26	2.32	4.84
Y	2.12	4.557	5.640	1.238	4.70	3.852	5.310	1.379	3.11	10.04	2.65	3.79
Z	1.97	4.126	5.840	1.415	2.97	3.929	5.660	1.441	3.12	10.01	2.35	4.26
MOYENNE	3.68	4.023	5.173	1.307	4.06	3.987	5.573	1.414				
ECART TYPE	1.51	0.532	0.456	0.197	1.30	0.432	0.471	0.205				
MAX	8.49	4.863	6.140	1.662	8.33	4.913	6.400	2.038				
MIN	1.97	2.654	4.410	0.967	2.53	2.806	4.720	1.166				

Tableau 2

**Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen
de l'essai de compression diamétrale**

**CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)**

TYPE D'ENROBE : HMT32

PROVENANCE	PCD (+25 DEGRES)				MCD (+25 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SM/FM (KN/MM)
A	2.23	0.903	17.910	19.834	3.00	1.103	16.410	14.878	3.34	7.66*	2.57	2.98*
B												
C												
D1	8.67	0.961	12.560	13.070	8.92	1.133	12.470	11.006	8.57*	10.46	2.07	5.04
D2	4.37	1.019	17.750	17.419	4.89	1.328	15.260	11.491	5.03	10.99	2.12	5.17
E	4.57	1.078	17.580	16.308	4.39	1.452	13.290	9.153	4.95	11.64	2.30	5.06
F	2.66	0.984	16.410	16.677	3.54	1.296	13.130	10.131	3.82	8.46	2.70	3.13
G	2.66	0.979	19.090	19.499	3.16	1.345	14.940	11.108	3.63	9.89	2.90	3.41
H	4.47	0.673	19.210	28.544	3.86	1.158	13.950	12.047	4.76	7.83*	2.15	3.64
I	5.96	0.833	20.220	24.274	5.46	1.543	12.970	8.406	5.35	9.45	1.90	4.97
J	3.42	0.858	20.140	23.473	3.57	1.253	13.980	11.157	3.30	11.58	2.45	4.73
K												
L	2.41	1.145	14.370	12.550	2.97	1.369	15.260	11.147	3.48	9.66	2.85	3.39
M	2.02	0.972	18.130	18.652	2.59	1.199	15.550	12.969	2.94	9.48	2.97	3.19
N	3.34	1.050	16.710	15.914	3.46	1.429	14.280	9.993	4.39	7.97*	2.20	3.62
O	3.43	0.696	29.850	42.888	2.24	1.130	17.290	15.301	3.26	7.45*	2.37	3.14
P	3.06	1.283	13.370	10.421	3.97	1.402	12.640	9.016	3.78	9.85	2.72	3.61
Q												
R	3.37	1.038	15.040	14.489	4.11	1.416	13.790	9.739	4.85	8.00	2.70	2.96*
S	5.63	1.076	18.130	16.849	4.86	1.441	14.760	10.243	4.61	11.87	2.15	5.52
T												
U	3.94	0.921	16.040	17.416	4.01	1.092	12.800	11.722	4.40	8.46	2.20	3.85
V												
W												
X	3.89	0.961	16.720	17.399	4.98	1.272	12.800	10.063	4.03	11.26	2.32	4.84
Y	2.20	1.110	16.720	15.063	4.12	1.297	15.550	11.989	3.11	10.04	2.65	3.79
Z	1.99	0.898	19.130	21.303	2.80	1.056	14.570	13.797	3.12	10.01	2.35	4.26
MOYENNE	3.71	0.972	17.754	19.102	4.05	1.286	14.285	11.268				
ECART TYPE	1.63	0.144	3.533	7.020	1.43	0.141	1.344	1.858				
MAX	8.67	1.283	29.850	42.888	8.92	1.543	17.290	15.301				
MIN	1.99	0.673	12.560	10.421	2.24	1.056	12.470	8.406				

Tableau 3

Caractérisation mécanique des enrobés suisses au moyen de l'essai de compression diamétrale

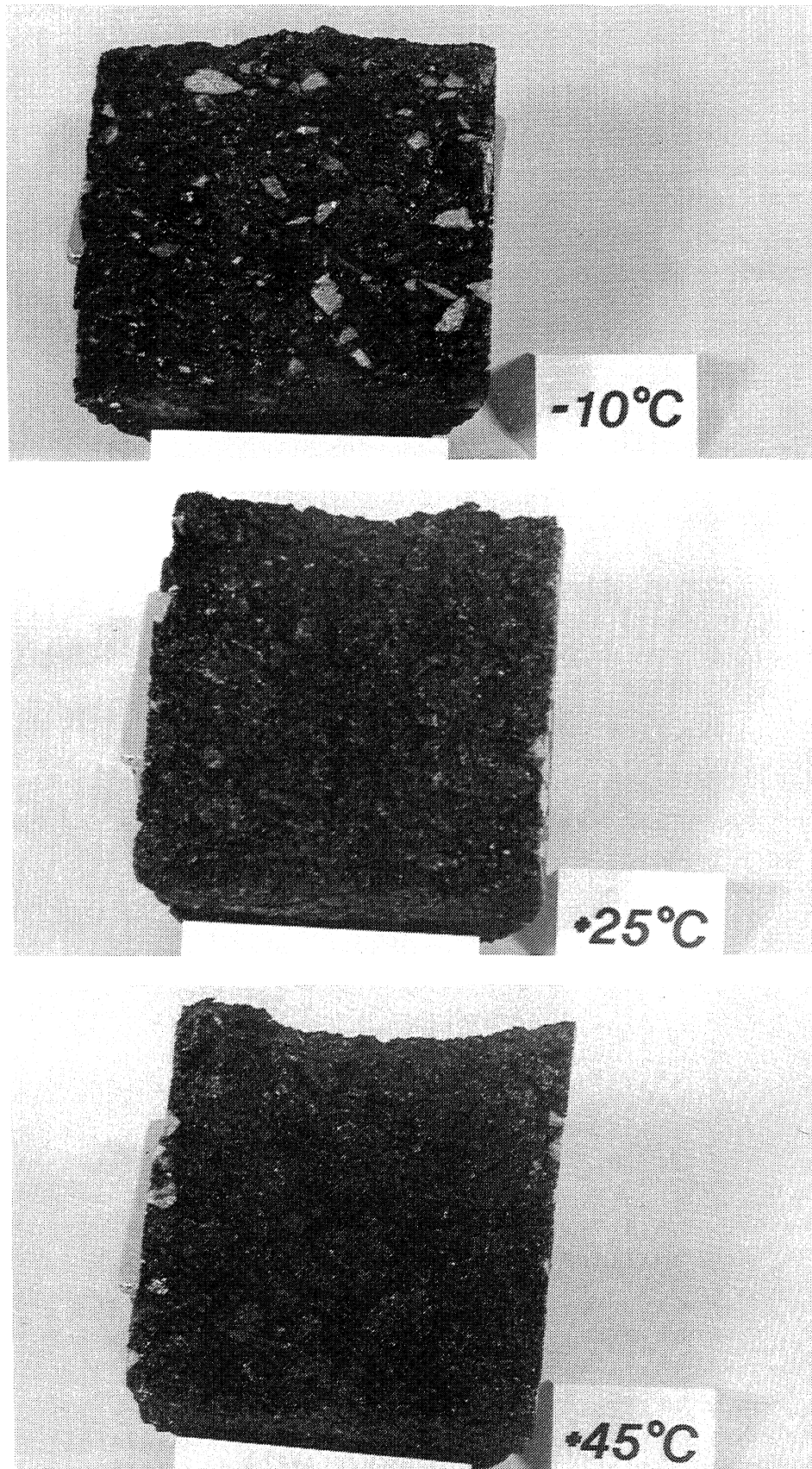
TYPE D'ENROBE : HMT32
CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ENROBES
(PLAQUE-CD, MARSHALL-CD, MARSHALL-MARSHALL)

PROVENANCE	PCD (+45 DEGRES)				PCD (+45 DEGRES)				MARSHALL (+60 DEGRES)			
	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SIGMA (N/MM2)	DEL(D)/D (10-3)	DEL(D)/D DEL(D)/D SIGMA (MM2/N)	VIDES (%)	SM (KN)	FM (MM)	SH/FM (KN/MM)
A	2.32	0.220	28.230	128.318	2.84	0.227	16.790	73.965	3.34	7.66*	2.57	2.98*
B												
C												
D1	8.27	0.361	19.800	54.848	8.70	0.297	11.280	37.980	8.57*	10.46	2.07	5.04
D2	4.50	0.287	20.470	71.324	5.05	0.393	12.070	30.712	5.03	10.99	2.12	5.17
E	4.64	0.291	23.550	80.928	4.42	0.442	12.200	27.602	4.95	11.64	2.30	5.06
F	2.49	0.220	25.290	114.955	3.52	0.317	12.460	39.306	3.82	8.46	2.70	3.13
G	2.64	0.238	27.830	116.933	3.40	0.297	15.080	50.774	3.63	9.89	2.90	3.41
H	4.47	0.150	22.960	153.067	3.97	0.301	11.800	39.203	4.76	7.83*	2.15	3.64
I	5.93	0.187	24.030	128.503	5.36	0.456	12.200	26.754	5.35	9.45	1.90	4.97
J	3.27	0.188	23.040	122.553	3.40	0.311	14.030	45.113	3.30	11.58	2.45	4.73
K												
L	2.55	0.280	28.040	100.143	3.04	0.286	15.480	54.126	3.48	9.66	2.85	3.39
M	2.19	0.225	27.690	123.067	2.70	0.269	15.750	58.550	2.94	9.48	2.97	3.19
N	3.73	0.228	22.300	97.807	3.69	0.362	13.810	38.149	4.39	7.97*	2.20	3.62
O	2.55	0.181	31.690	175.083	2.40	0.233	14.560	62.489	3.26	7.45*	2.37	3.14
P	3.11	0.280	22.430	80.107	3.80	0.400	14.430	36.075	3.78	9.85	2.72	3.61
Q												
R	3.24	0.248	24.970	100.685	4.01	0.345	13.380	38.783	4.85	8.00	2.70	2.96*
S	5.18	0.261	22.660	86.820	4.84	0.382	14.030	36.728	4.61	11.87	2.15	5.52
T												
U	3.68	0.217	19.890	91.659	4.08	0.265	12.200	46.038	4.40	8.46	2.20	3.85
V												
W												
X	3.86	0.241	25.680	106.556	4.77	0.388	13.900	35.825	4.03	11.26	2.32	4.84
Y	2.20	0.278	28.830	103.705	4.54	0.361	16.240	44.986	3.11	10.04	2.65	3.79
Z	2.06	0.211	26.440	125.308	2.83	0.279	14.270	51.147	3.12	10.01	2.35	4.26
MOYENNE	3.64	0.240	24.791	108.118	4.07	0.331	13.798	43.715				
ECART TYPE	1.54	0.048	3.246	27.973	1.37	0.066	1.581	11.973				
MAX	8.27	0.361	31.690	175.083	8.70	0.456	16.790	73.965				
MIN	2.06	0.150	19.800	54.848	2.40	0.227	11.280	26.754				

Tableau 4

A N N E X E VIII.

PHOTOS

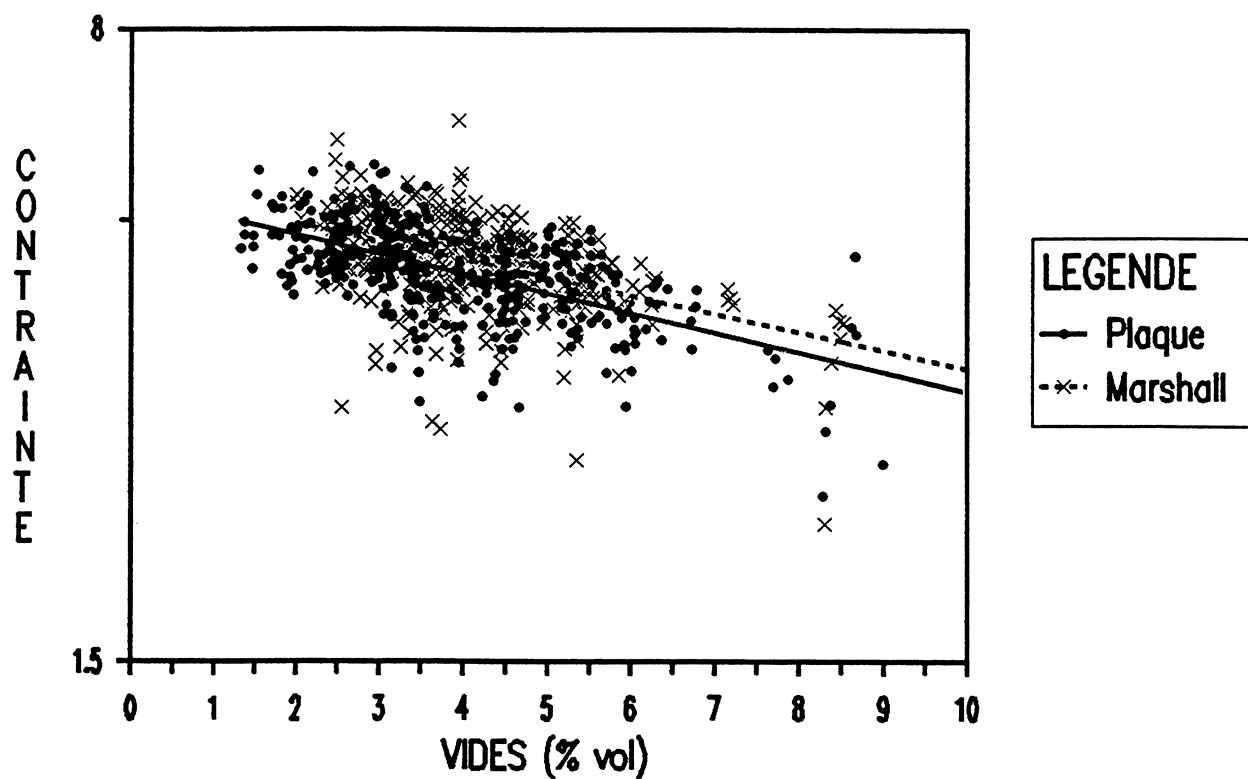


Section de rupture des éprouvettes aux trois températures d'essai

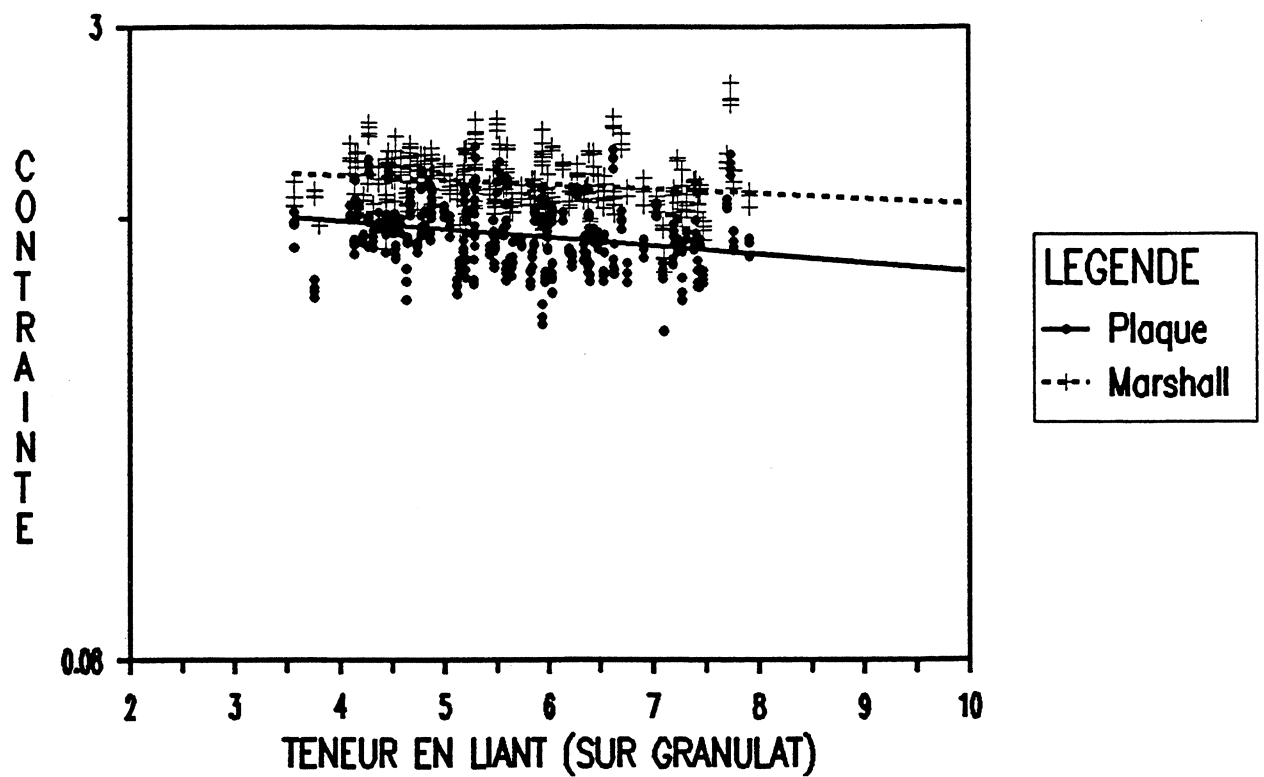
A N N E X E IX.

DROITES DE REGRESSION SUR L'ENSEMBLE DES POPULATIONS

ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE CONTRAINTES EN FONCTION DES VIDES (- 10 DEGRES)

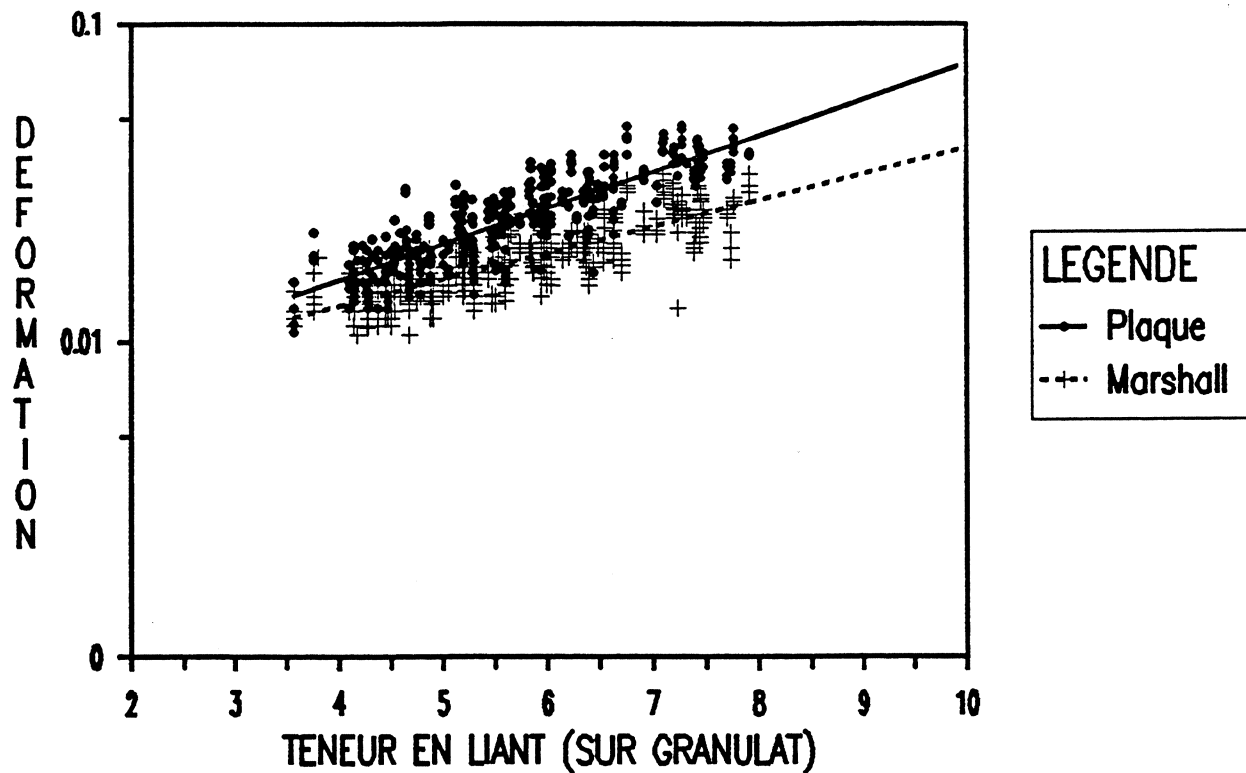


ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE CONTRAINTE FONCTION TENEUR EN LIANT (+ 25 DEGRES)



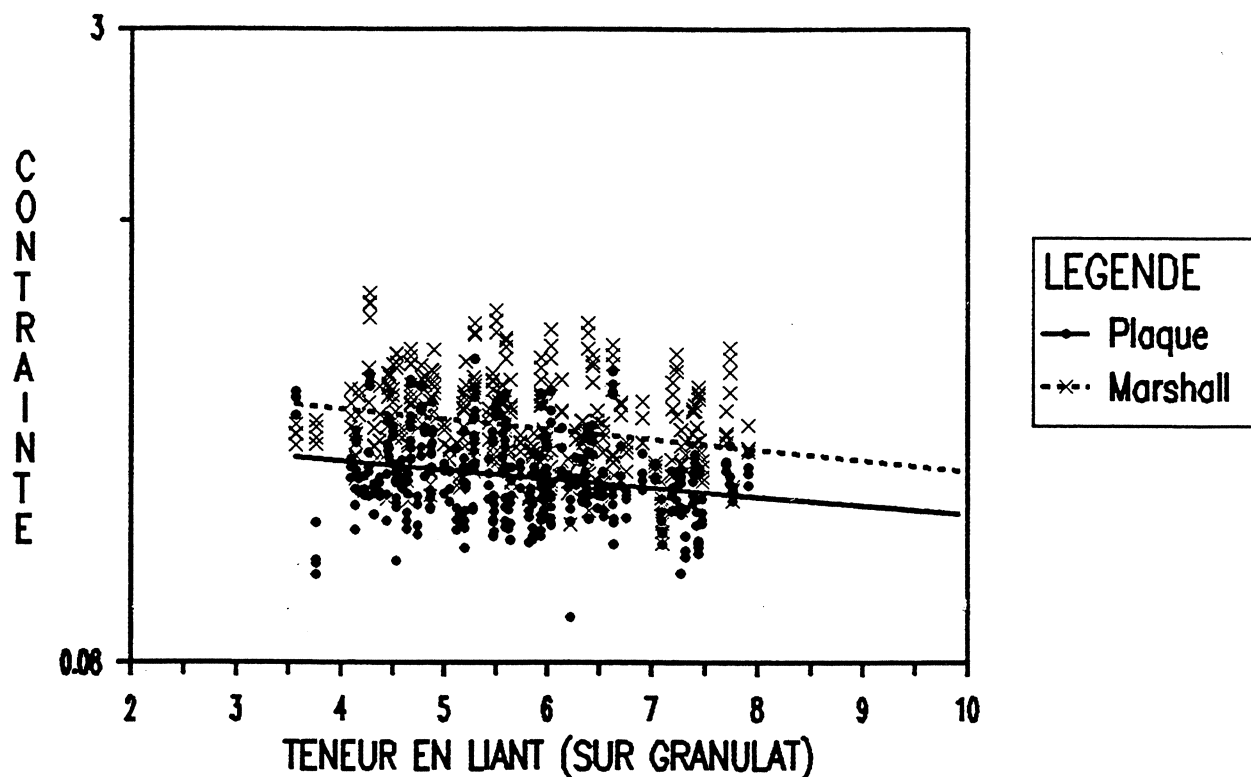
ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE

DEFORMATION FONCTION TENEUR EN LIANT (+ 25 DEGRES)



ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE

CONTRAINTE FONCTION TENEUR EN LIANT (+ 45 DEGRES)



ESSAI DE COMPRESSION DIAMETRALE

DEFORMATION FONCTION TENEUR EN LIANT (+ 45 DEGRES)

